

Treball de Fi de Grau

**Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials**

# **Creació de qüestionaris de filtres analògics amb Python**

## **MEMÒRIA**

**Autor:** Víctor Morales Palacios

**Director:** Manuel Moreno Eguílaz

**Convocatòria:** Juny 2021



Escola Tècnica Superior  
d'Enginyeria Industrial de Barcelona





## Resum

Aquest projecte es centra en la creació de qüestionaris de filtres analògics i com importar-los a *Moodle*. Per aconseguir-ho, s'ha utilitzat el llenguatge de programació *Python* i els qüestionaris generats es troben en format *XML* perquè es compatible amb *Moodle*. Inicialment, s'explica que són els filtres analògics, quins tipus hi ha i quines són les arquitectures més utilitzades per implementar-les. A continuació, es veurà quins mòduls de *Python* s'han utilitzat en la programació, com es generen els qüestionaris en *XML* i quin tipus de problemes pot crear cadascun dels programes de *Python*. Seguidament, s'explicarà com funciona *Atenea* (el lloc *Moodle* de la UPC), com s'importen els bancs de preguntes a *Moodle* i com es creen els qüestionaris. Finalment, es presentarà la planificació, el pressupost i l'impacte ambiental d'aquest projecte.



# Índex

<b>RESUM</b>	<b>1</b>
<b>ÍNDEX</b>	<b>5</b>
<b>LLISTAT DE FIGURES</b>	<b>7</b>
<b>LLISTAT DE TAULES</b>	<b>9</b>
<b>GLOSSARI</b>	<b>11</b>
Llistat d'acrònims .....	11
Llistat de símbols .....	11
<b>1. PREFACI</b>	<b>14</b>
1.1. Origen del projecte .....	14
1.2. Motivació .....	14
1.3. Requeriments previs .....	15
<b>2. INTRODUCCIÓ</b>	<b>16</b>
2.1. Objectius del projecte .....	16
2.2. Abast del projecte .....	16
<b>3. DOMINI FREQUÈNCIAL</b>	<b>17</b>
3.1. Domini temporal i freqüencial .....	17
3.2. Transformada de Fourier .....	17
<b>4. PROCESSAMENT D'INFORMACIÓ</b>	<b>18</b>
4.1. Processament lineal .....	18
4.1.1. Processament lineal avançat .....	18
<b>5. FILTRES</b>	<b>20</b>
5.1. Filtres de primer ordre .....	20
5.2. Filtres de segon ordre .....	22
5.3. Aproximacions .....	24
5.4. Filtres actius .....	25
5.4.1. Filtres actius de primer ordre .....	25
5.4.2. Filtres actius de segon ordre .....	28
5.4.2.1. Sallen-Key .....	28
5.4.2.1.1. Sallen-Key simplificada .....	29
5.4.2.2. Rauch .....	30

<b>6. PYTHON</b>	<b>31</b>
6.1. Random.....	31
6.2. Math .....	32
6.3. Cmath.....	32
6.4. PIL .....	32
6.5. Base64 .....	33
6.6. Funcions rellevants .....	33
6.7. Creació dels fitxers XML .....	34
6.7.1. Filtres d'ordre 1.....	37
6.7.1.1. Passa baixa .....	37
6.7.1.1. Passa alta .....	38
6.7.2. Filtres d'ordre 2.....	38
6.7.2.1. Passa baixa .....	38
6.7.2.2. Passa alta .....	39
6.7.2.3. Passa banda.....	39
6.7.2.3.1 Rauch.....	39
6.7.2.3.2 Sallen-Key.....	40
6.8. Verificació dels programes .....	40
<b>7. XML</b>	<b>43</b>
7.1. Moodle.....	43
7.2. XML.....	43
7.3. Importació de preguntes.....	43
7.4. Creació dels qüestionaris .....	47
<b>8. PLANIFICACIÓ</b>	<b>53</b>
<b>9. PRESSUPOST</b>	<b>55</b>
<b>10. IMPACTE MEDIAMBIENTAL</b>	<b>57</b>
<b>11. CONCLUSIONS I FUTURS TREBALLS</b>	<b>58</b>
<b>AGRAÏMENTS</b>	<b>60</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>62</b>

## Llistat de figures

Figura 1: Representació del procés d'integració [3].....	18
Figura 2: Representació del procés de filtrat [3]. .....	19
Figura 3: Diagrama de Bode característic d'un filtre passa baixa d'ordre 1 [Font pròpia]. .....	21
Figura 4: Diagrama de Bode característic d'un filtre passa alta d'ordre 1 [Font pròpia]. .....	21
Figura 5: Diagrama de Bode característic d'un filtre passa baixa d'ordre 2 [Font pròpia]. .....	22
Figura 6: Diagrama de Bode característic d'un filtre passa alta d'ordre 2 [Font pròpia]. .....	23
Figura 7: Diagrama de Bode característic d'un filtre passa banda d'ordre 2 [Font pròpia]. .....	24
Figura 8: Diagrama de Bode característic d'un filtre rebuig de banda d'ordre 2 [Font pròpia]. ..	24
Figura 9: Aproximacions de Butterworth, Bessel i Txebixev d'un filtre passa baixa [5]. .....	25
Figura 10: Esquema electrònic d'un filtre passa baixa actiu d'ordre 1 [4]. .....	26
Figura 11: Esquema electrònic d'un integrador [4]. .....	26
Figura 12: Esquema electrònic d'un filtre passa alta actiu d'ordre 1 [4]. .....	27
Figura 13: Esquema electrònic d'un derivador [4]. .....	28
Figura 14: Esquema de l'arquitectura de Sallen-Key [4]. .....	29
Figura 15: Esquema de l'arquitectura de Sallen-Key simplificada [4]. .....	29
Figura 16: Esquema de l'arquitectura de Rauch [4]. .....	30
Figura 17: <i>Shell d'Idle</i> quan s'inicialitza el programa [Font pròpia]. .....	35
Figura 18: <i>Shell</i> amb les respostes obtingudes i preguntant si es vol generar un altre exercici [Font pròpia]. .....	35
Figura 19: Diagrama de flux general dels programes creats [Font pròpia]. .....	36
Figura 20: Instruccions del programa <i>Passa_banda_Rauch</i> [Font pròpia]. .....	37
Figura 21: Esquema electrònic del filtre passa baixa d'ordre 2 utilitzat en l'script [4]. .....	38

Figura 22: Esquema electrònic del filtre passa alta d'ordre 2 utilitzat en l'script [4].....	39
Figura 23: Esquema electrònic del filtre passa baixa d'ordre 1 estudiat dibuixat amb Capture [Font pròpia]. .....	40
Figura 24: Paràmetres de la simulació del filtre estudiat [Font pròpia]. .....	41
Figura 25: Diagrama de Bode del filtre estudiat dibuixat amb <i>Pspice</i> [Font pròpia].....	41
Figura 26: Menú desplegable d'opcions d' <i>Atenea</i> [Font pròpia]. .....	44
Figura 27: Menú del banc de preguntes d' <i>Atenea</i> [Font pròpia]. .....	44
Figura 28: Menú d'importació de preguntes d' <i>Atenea</i> [Font pròpia]. .....	45
Figura 29: Vista prèvia de les preguntes importades [Font pròpia].....	46
Figura 30: Llistat de preguntes de la categoria seleccionada [Font pròpia]. .....	46
Figura 31: Captura de pantalla d'una pregunta importada a <i>Atenea</i> [Font pròpia]. .....	47
Figura 32: Selecció del botó d'edició [Font pròpia]. .....	47
Figura 33: Menú d'edició de la secció Filtres [Font pròpia]. .....	48
Figura 34: Menú d'edició dels paràmetres generals i temporals d'un qüestionari [Font pròpia].	48
Figura 35: Captura de pantalla d'un qüestionari buit [Font pròpia]. .....	49
Figura 36: Addició de preguntes des d'un banc de preguntes [Font pròpia]. .....	50
Figura 37: Addició de preguntes aleatòries [Font pròpia]. .....	51
Figura 38: Vista prèvia de les preguntes del qüestionari [Font pròpia]. .....	52
Figura 39: Captura de pantalla del qüestionari creat [Font pròpia]. .....	52
Figura 40. Diagrama de Gantt del projecte [Font pròpia].....	54



## Llistat de taules

Taula 1: Cost total de les hores de treball. ....	56
Taula 2: Cost total del projecte. ....	56



# Glossari

## Llistat d'acrònims

<i>ASCII</i>	American Standard Code for Information Interchange
<i>HTML</i>	Hypertext Markup Language
<i>PDF</i>	Portable Document Format
<i>PIL</i>	Python Imaginary Library
<i>UPC</i>	Universitat Politècnica de Catalunya
<i>XML</i>	Extensible Markup Language

## Llistat de símbols

$\xi$	Coeficient d'amortiment del filtre ( $0 < \xi < 1$ )
$\mathcal{F}^{-1}$	Antitransformada de Fourier
$X_i$	Entrada del sistema
$X_o$	Sortida del sistema
$v_i$	Tensió d'entrada d'un filtre [V]
$v_o$	Tensió de sortida d'un filtre [V]
$\omega_0$	Freqüència angular natural del filtre [rad/s]
$A$	Guany d'un amplificador
$C$	Condensador [F]
$\mathcal{F}$	Transformada de Fourier
$K$	Guany del filtre

$n$	Grau del numerador de la funció de transferència
$p$	Grau del denominador de la funció de transferència
$R$	Resistència [ $\Omega$ ]
$Y$	Admitància [ $\Omega^{-1}$ ]
$\omega$	Freqüència angular del filtre [rad/s]



# 1. Prefaci

## 1.1. Origen del projecte

Des de l'inici del grau, els alumnes disposem d'una plataforma online anomenada *Atenea*, on podem accedir a tot tipus de material *online* de les assignatures que estem cursant. El material inclou apunts, llibres de teoria, tasques per entregar, exercicis i qüestionaris o la guia docent de l'assignatura, entre altres.

Quan va iniciar-se el confinament a causa de la Covid-19, la importància d'*Atenea* va accentuar-se, ja que no disposàvem de classes presencials i a més a més, molts professors van optar per penjar vídeos amb la teoria en comptes de realitzar les classes *online* mitjançant *Meet*. Així mateix, la presència de qüestionaris o exercicis avaluable va créixer notablement.

Des del meu punt de vista, crec que *Atenea* és una eina increïblement útil pels alumnes i professorat i que encara no s'ha explotat tot el potencial. L'objectiu d'aquesta tesi és facilitar l'aprenentatge mitjançant la creació de qüestionaris d'exercicis de filtres analògics generats a partir de valors aleatoris.

## 1.2. Motivació

Des d'abans d'iniciar el grau d'Enginyeria en Tecnologies Industrials a l'ETSEIB, la programació era una de les vessants de l'enginyeria que més m'agrada. Al batxillerat vaig aprendre a programar en C# i el meu treball de recerca va incloure tant programació en *App Inventor* com en *Arduino*.

El primer quadrimestre de la carrera vaig cursar l'assignatura *Fonaments d'Informàtica*, on el llenguatge de programació empleat era *Python*. L'assignatura em va encantar i des de llavors, vaig tenir clar que el meu projecte de final de grau inclouria una part rellevant de programació.

Tanmateix, el quadrimestre passat vaig cursar l'assignatura *Electrònica* i a l'hora d'estudiar-la, vaig adonar-me de la importància de disposar de qüestionaris i exercicis a *Atenea*. Altres assignatures com Termodinàmica disposàvem d'una gran varietat d'activitats avaluable a *Atenea* i això va ajudar-me a preparar-me pels exàmens d'una forma molt eficient. Finalment, l'últim motiu que m'ha decantat a escollir aquest projecte és que l'electrònica és una de les branques més interessants de les estudiades durant el grau.

### 1.3. Requeriments previs

Primerament, és necessari tenir coneixements bàsics sobre *Python*. *Python* és un llenguatge de programació que disposa d'una gran quantitat de mòduls i diversos d'ells són utilitzats en aquest projecte, tal i com es pot veure en [l'Apartat 6](#). En segon lloc, és important conèixer el funcionament bàsic dels circuits electrònics. Finalment, es requereix entendre el funcionament de *Moodle* i com s'estructura el llenguatge *XML*.

## 2. Introducció

### 2.1. Objectius del projecte

L'objectiu principal d'aquest projecte és crear qüestionaris sobre filtres analògics per a *Atenea*. Aquests qüestionaris han de generar-se a partir de valors aleatoris i incloure múltiples respostes. Un altre objectiu és que els programes per generar els qüestionaris siguin fàcils d'entendre i així permetre que qualsevol usuari sigui capaç d'utilitzar-los. L'últim objectiu és ajudar a l'aprenentatge i a la docència proporcionant aquests qüestionaris.

### 2.2. Abast del projecte

El projecte es basa en la creació dels qüestionaris mitjançant la programació dels fitxers *Python* pertinents i la posterior importació dels fitxers *XML* generats. Per una banda, la programació *Python* inclou la generació de l'enunciat del problema, les respostes correctes i incorrectes i la creació del fitxer *XML*. Per l'altra banda, per importar els fitxers *XML* es profunditzarà en el funcionament de *Moodle*.



## 3. Domini freqüencial

### 3.1. Domini temporal i freqüencial

Donat un senyal elèctric, podem estudiar-lo de dues formes diferents: veient la seva evolució al llarg del temps o veient el comportament de les seves components segons una freqüència determinada. Aquests dos tipus d'estudi fan referència a l'anàlisi en el domini temporal i l'anàlisi en el domini freqüencial respectivament. Per tant, una funció en el domini temporal estarà expressada respecte el temps mentre que una funció en el domini freqüencial ho estarà respecte la freqüència.

### 3.2. Transformada de Fourier

Per a convertir una senyal del domini temporal al domini freqüencial s'utilitza la transformada de Fourier i per realitzar el pas invers, s'utilitza l'antitransformada de Fourier [1].

Aquesta transformació matemàtica va ser anomenada així pel cèlebre matemàtic i físic Joseph Fourier.

La transformada de Fourier d'una funció  $h$  es defineix com:

$$\mathcal{F}\{h(t)\} = \hat{h}(f) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t) e^{-j2\pi f t} dt \quad (1)$$

L'antitransformada de Fourier d'una funció  $h$  es defineix com:

$$\mathcal{F}^{-1}\{\hat{h}(f)\} = h(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \hat{h}(f) e^{j2\pi f_0 t} df \quad (2)$$

Cal remarcar que l'antitransformada de Fourier de la transformada de Fourier d'una funció  $h(t)$  és la mateixa funció  $h(t)$ . Aquesta idea està definida pel teorema d'inversió:

$$\mathcal{F}^{-1}\{\mathcal{F}[h(t)]\} = h(t) \quad (3)$$

## 4. Processament d'informació

Un sistema electrònic és un tipus de sistema elèctric integrat per components estàtics, que s'encarrega de processar la informació o el flux d'energia dels seus senyals. Dins dels sistema electrònics en distingim 2 tipus: els sistemes de senyal, els quals processen informació, i els sistemes de potència, que transformen l'energia [2]. En aquest treball de fi de grau ens centrarem en els sistemes de senyal, concretament en els sistemes analògics.

Els sistemes analògics són aquells sistemes encarregats de processar informació analògica, en altres paraules, tots els senyals del sistema són analògics.

Donat un senyal d'entrada, els sistemes analògics poden processar la informació tant de forma lineal com no lineal. Aquesta memòria es focalitza en l'estudi del processament lineal de senyals.

### 4.1. Processament lineal

Donat un sistema analògic i un senyal d'entrada, per obtenir el senyal de sortida desitjat es poden realitzar diverses operacions de processament lineal. Depenent de l'operació que es vulgui fer, es treballarà en domini freqüencial o en domini temporal. Si volem multiplicar per una constant real o desplaçar la nostra senyal d'entrada, s'haurà de treballar en el domini temporal. En canvi, si volem filtrar o integrar un senyal, treballarem en el domini freqüencial.

Com veurem a continuació, aquesta treball de fi de grau es centra en l'estudi del denominat processament lineal avançat.

#### 4.1.1. Processament lineal avançat

El processament lineal engloba principalment 2 tipus d'operacions: la integració i el filtrat.

L'operació d'integració ens permet obtenir, per exemple, senyals rampa a partir d'un senyal graó o senyals tipus paràbola a partir d'una rampa.

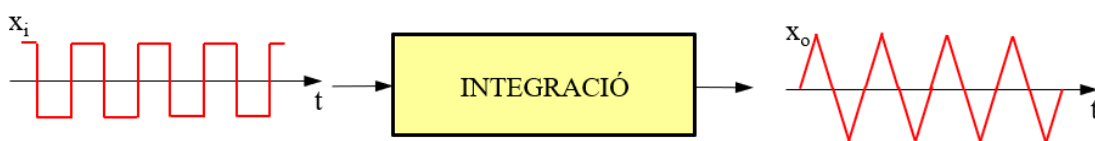


Figura 1: Representació del procés d'integració [3].

L'operació de filtrat ens permet, per exemple, reduir o eliminar completament la presència de soroll en un senyal.



Figura 2: Representació del procés de filtrat [3].

Els encarregats de les operacions de processament són els sistemes analògics. Els sistemes tenen un comportament determinat, el qual el podem esbrinar mitjançant la seva funció de transferència. Una funció de transferència es pot definir com la relació entre la sortida i l'entrada, expressada en forma de quocient i mitjançant la transformada de *Laplace*.

$$H(s) = \frac{X_o(s)}{X_i(s)} \quad (4)$$

En cas que el senyal d'entrada sigui sinusoidal en règim permanent,  $H(s) = H(j\omega)$ .

Els zeros i els pols d'una funció de transferència són les arrels del numerador i el denominador respectivament. Els pols ens permeten saber si es tracta d'un sistema estable o inestable, la condició que cal complir és que el mòdul del pol sigui menor a 1.

Per representar gràficament una funció de transferència  $H(j\omega)$ , s'utilitza el diagrama de Bode. Aquest diagrama permet veure l'evolució del guany  $|H(j\omega)|$  i el desfasament  $\angle H(j\omega)$  en funció de la freqüència. El guany es sol expressar en decibels (dB). Per tant,  $|H(j\omega)|_{dB} = 20 \log|H(j\omega)|$ . El desfasament s'expressa en graus.

## 5. Filtres

Els filtres són els sistemes analògics encarregats de les operacions de filtratge. Un filtre real multiplica algun dels components freqüencials del senyal per  $K$  i elimina tots els altres [4]. No obstant, un circuit electrònic no es comporta com un filtre ideal, però si podem fer que el seu comportament s'acosti bastant.

En l'actualitat, les aplicacions dels filtres són nombroses: sistemes de telecomunicació, àudio, vídeo... Un exemple molt evident és un sintonitzador de radio, el qual només deixa passar les freqüències desitjades i rebutja totes les altres.

Pel que fa a la funció de transferència d'un filtre, el grau del polinomi del denominador  $D(s)$  és l'ordre del filtre  $d$ . Contra més gran sigui l'ordre del filtre, el retard és major, hi ha una major presència de components i més abrupta és la resposta. L'ordre d'un filtre pot ser molt gran, però ens centrarem en els filtres de primer i segon ordre.

### 5.1. Filtres de primer ordre

Per una banda, podem distingir dos tipus de filtres de primer ordre. Si el grau del numerador  $n$  és inferior al grau del denominador  $p$ , llavors es tractarà d'un filtre passa baixa. Aquest tipus de filtres permet el pas de les freqüències baixes. La funció de transferència característica d'un filtre passa baixa d'ordre 1 és la següent:

$$H(s) = \frac{K}{\frac{s}{\omega_0} + 1} \quad (5)$$

La [Figura 3](#) mostra el diagrama de Bode característic d'un filtre passa baixa d'ordre 1, sent  $K = 1$  i  $\omega_0 = 0,1$ . Cal remarcar que tots els diagrames de Bode han estat realitzats amb el software *Matlab*:

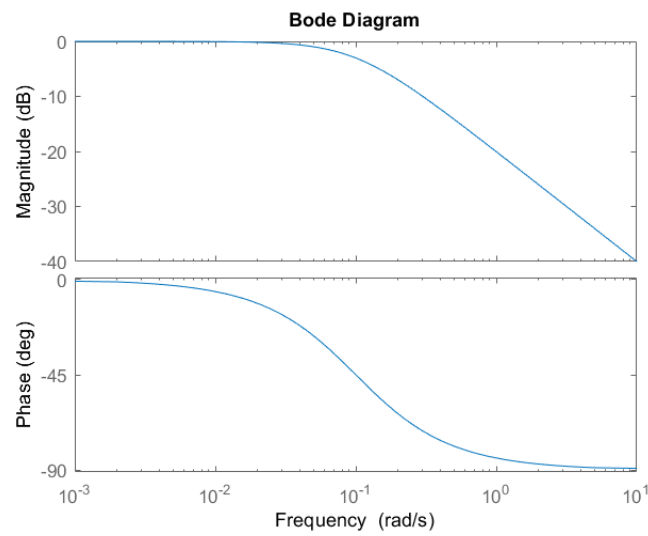


Figura 3: Diagrama de Bode característic d'un filtre passa baixa d'ordre 1 [Font pròpia].

Si el grau del denominador  $n$  és igual que el del numerador  $p$  ( $n=p$ ), llavors es tractarà d'un filtre passa alta. Els filtres passa alta permeten el pas a les freqüències baixes. La funció de transferència característica d'un filtre passa alta d'ordre 1 és la següent:

$$H(s) = \frac{K \frac{s}{\omega_0}}{\frac{s}{\omega_0} + 1} \quad (6)$$

La [Figura 4](#) mostra el diagrama de Bode característic d'un filtre passa baixa d'ordre 1, sent  $K = 1$  i  $\omega_0 = 0,1$ :

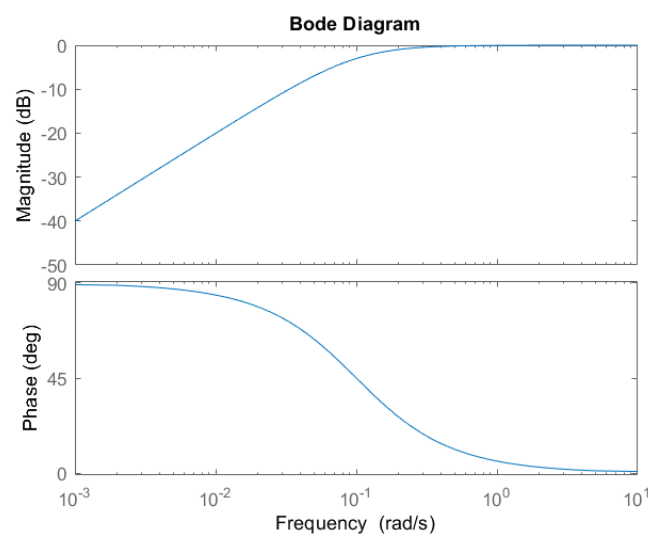


Figura 4: Diagrama de Bode característic d'un filtre passa alta d'ordre 1 [Font pròpia].

## 5.2. Filtres de segon ordre

Per l'altra banda, els filtres de segon ordre també inclouen filtres passa baixa ( $n=0, p=2$ ) i filtres passa alta ( $n=p=2$ ). Les seves funcions de transferència són les següents, respectivament:

$$H(s) = \frac{K}{\frac{s^2}{\omega_0^2} + 2\xi \frac{s}{\omega_0} + 1} \quad (7)$$

$$H(s) = \frac{K \frac{s^2}{\omega_0^2}}{\frac{s^2}{\omega_0^2} + 2\xi \frac{s}{\omega_0} + 1} \quad (8)$$

Tot seguit, les [Figures 5 i 6](#) mostren els diagrames de Bode corresponents als filtres passa baixa i passa alta d'ordre 2, sent  $\xi = 0,5$ ,  $K = 1$  i  $\omega_0 = 0,1$ :

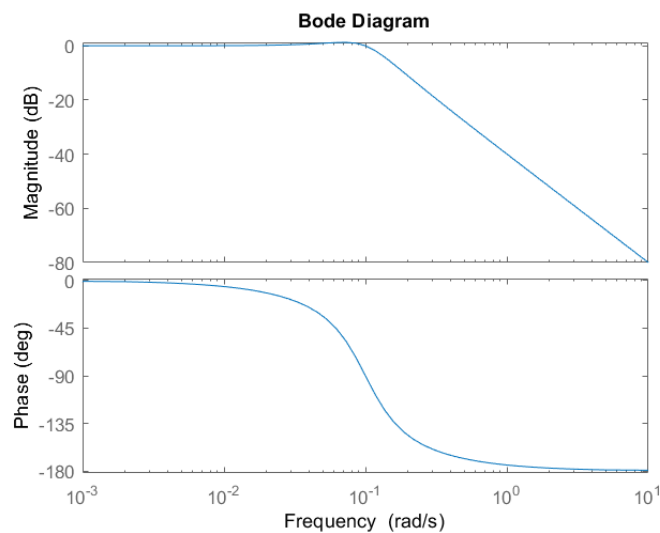


Figura 5: Diagrama de Bode característic d'un filtre passa baixa d'ordre 2 [Font pròpia].

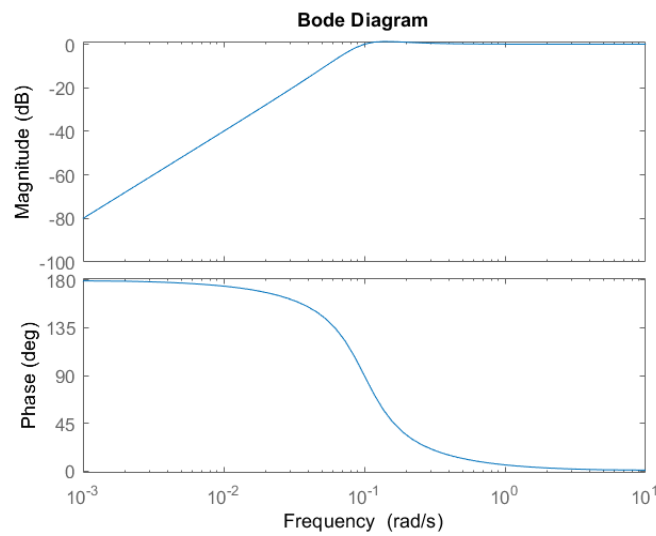


Figura 6: Diagrama de Bode característic d'un filtre passa alta d'ordre 2 [Font pròpia].

A més a més, existeixen dos tipus més de filtres de segon ordre: el passa banda i els rebuig de banda. El filtre passa banda només deixa passar aquelles freqüències compreses entre un valor superior i inferior, mentre que el filtre de rebuig de banda elimina les freqüències compreses entre ambdós valors. Les seves funcions de transferència són les següents, respectivament:

$$H(s) = \frac{K \frac{s}{\omega_0}}{\frac{s^2}{\omega_0^2} + 2\xi \frac{s}{\omega_0} + 1} \quad (9)$$

$$H(s) = \frac{K \left( \frac{s^2}{\omega_0^2} + 1 \right)}{\frac{s^2}{\omega_0^2} + 2\xi \frac{s}{\omega_0} + 1} \quad (10)$$

Els diagrames de Bode corresponents als filtres passa banda i rebuig de banda, respectivament, es mostren en les [Figures 7 i 8](#), sent  $\xi = 0,5$ ,  $K = 1$  i  $\omega_0 = 0,1$ :

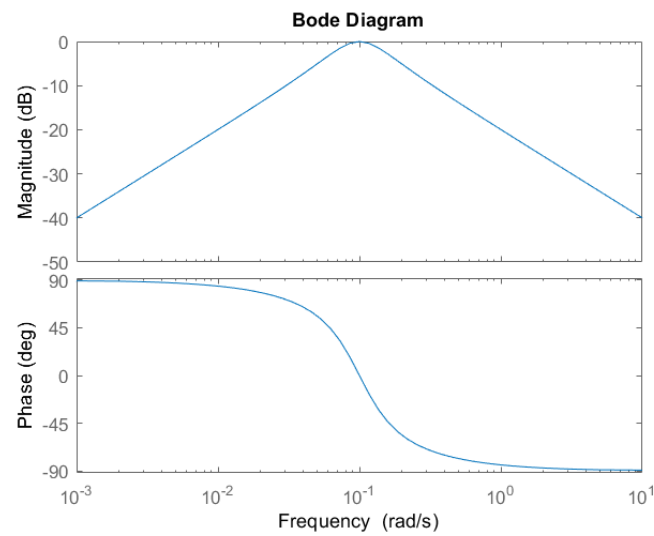


Figura 7: Diagrama de Bode característic d'un filtre passa banda d'ordre 2 [Font pròpia].

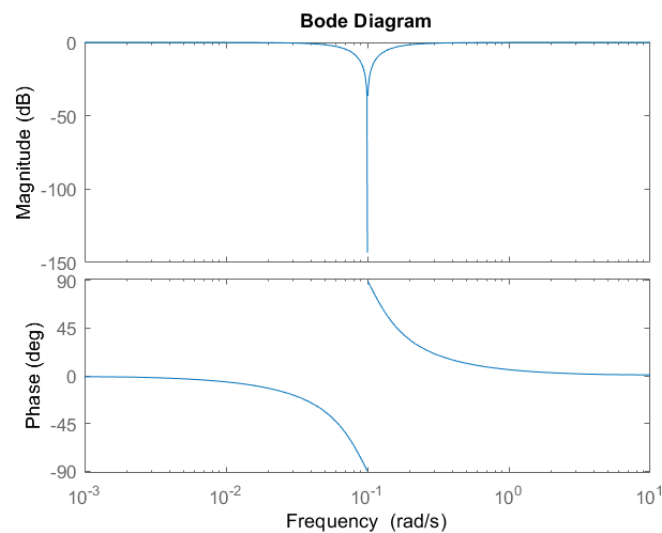


Figura 8: Diagrama de Bode característic d'un filtre rebuig de banda d'ordre 2 [Font pròpia].

### 5.3. Aproximacions

Alhora de dissenyar un filtre real, s'ha de triar l'ordre i el tipus de filtre entre altres coses. Com l'objectiu és aconseguir un filtre que s'apropi el màxim a la resposta ideal, també caldrà fer ús de les aproximacions i triar la més adequada. Les aproximacions més comunes són les de Butterworth, Txeixev i Bessel.



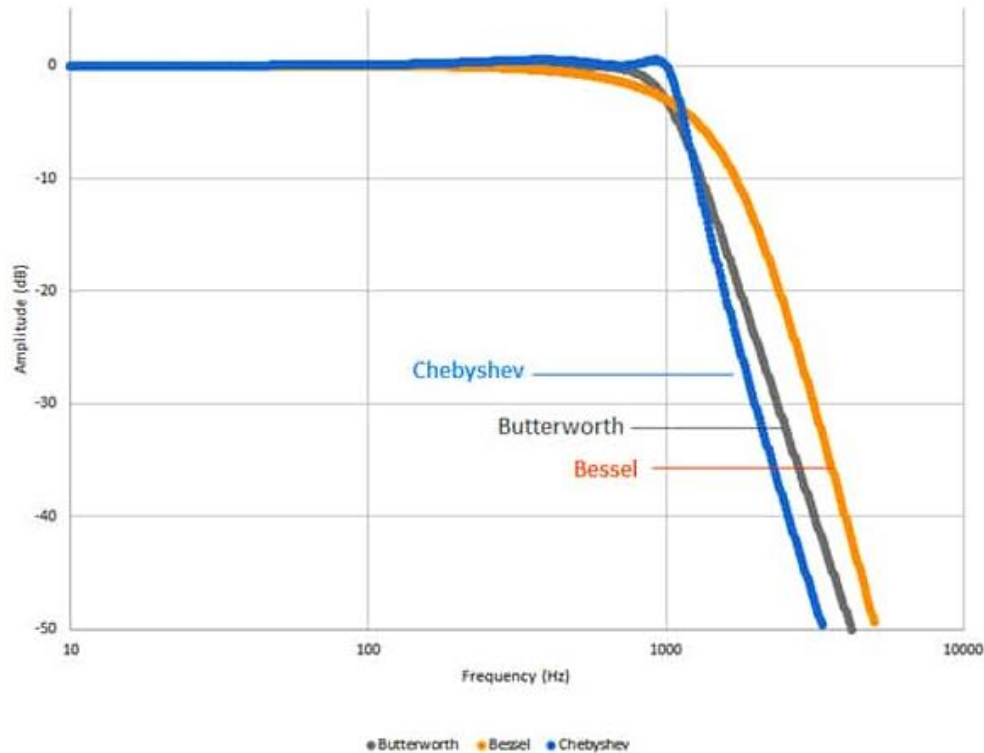


Figura 9: Aproximacions de Butterworth, Bessel i Txebixev d'un filtre passa baixa [5].

## 5.4. Filtres actius

Per a poder implementar el filtre desitjat, s'hauran d'utilitzar diversos components analògics. Si aquest es crea emprant resistències, condensadors i inductàncies (components passius), es tractarà d'un filtre passiu. Els filtres passius tenen un guany inferior a la unitat.

Si el filtre es crea utilitzant tant components passius com amplificadors operacionals, el filtre serà actiu. Aquests filtres poden tenir un guany superior a la unitat i quan es volen obtenir d'ordre 1 o 2, no cal fer ús de les inductàncies.

### 5.4.1. Filtres actius de primer ordre

Els filtres passa baixos són un exemple de filtres actius d'ordre 1. En aquest filtre, l'amplificador treballa a la zona lineal. La seva funció de transferència i el seu esquema electrònic és el següent.

$$H(s) = -\frac{R_2}{R_1} \frac{1}{1 + sR_2C} \quad (11)$$

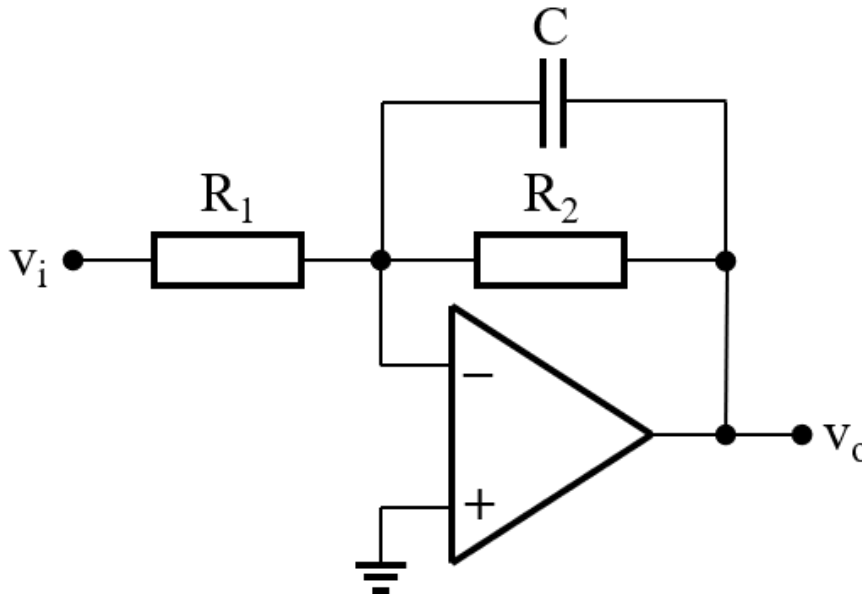


Figura 10: Esquema electrònic d'un filtre passa baixa actiu d'ordre 1 [4].

Si es considera que  $R_2 = \infty$  en el filtre passa baixos, podem aconseguir un integrador. La seva funció de transferència i el seu esquema electrònic queden simplificats d'aquesta manera:

$$H(s) = -\frac{1}{sRC} \quad (12)$$

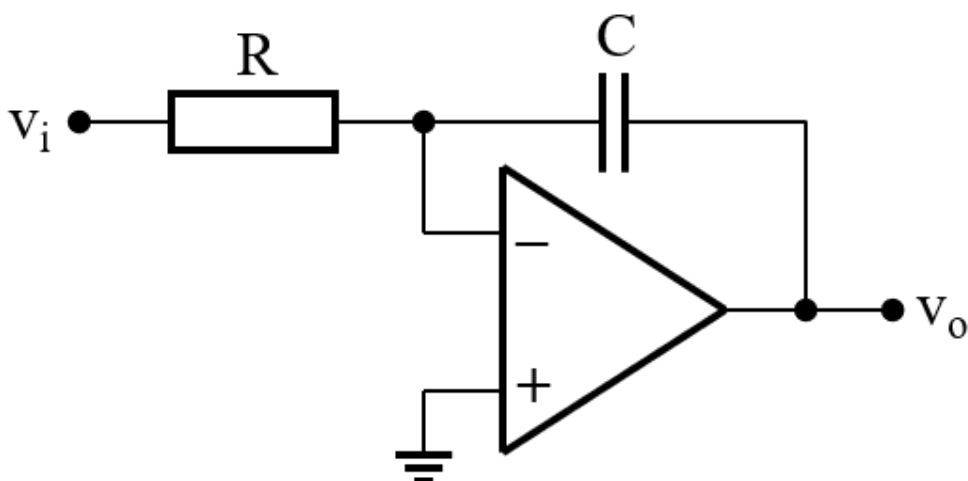


Figura 11: Esquema electrònic d'un integrador [4].

Per a calcular la tensió  $v_o$  de l'integrador s'utilitza la següent equació:

$$v_o(t) = v_o(t_0) - \frac{1}{RC} \int_{t_0}^t v_i(t) dt \quad (13)$$

Un altre tipus de filtre actiu d'ordre 1 molt comú és el filtre passa baixos. En aquest cas, l'amplificador també treballa a la zona lineal. La seva funció de transferència i el seu esquema electrònic són aquests:

$$H(s) = -\frac{sRC_1}{1 + sRC_2} \quad (14)$$

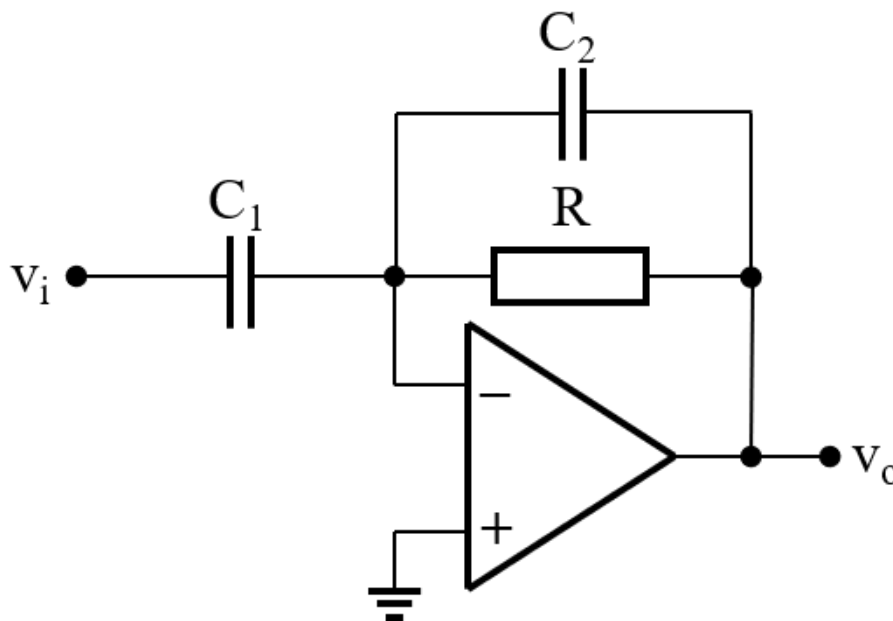


Figura 12: Esquema electrònic d'un filtre passa alta actiu d'ordre 1 [4].

Si es considera que  $C_2 = 0$ , s'obté un derivador. La seva funció de transferència i esquema electrònic es simplifiquen d'aquesta forma:

$$H(s) = -sRC \quad (15)$$

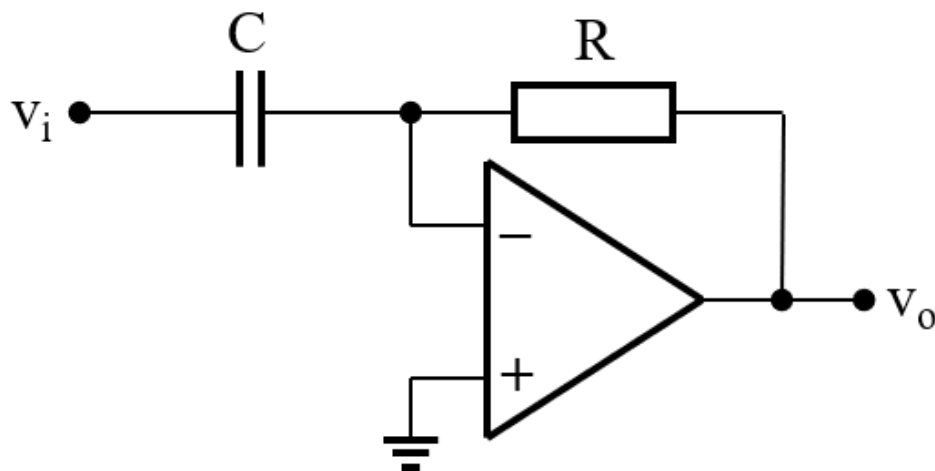


Figura 13: Esquema electrònic d'un derivador [4].

La tensió  $v_o$  del derivador es pot calcular amb la següent equació:

$$v_o(t) = -RC \frac{dv_i(t)}{dt} \quad (16)$$

## 5.4.2. Filtres actius de segon ordre

Pel que fa als filtres actius de segon ordre, existeixen arquitectures capaces d'implementar-los mitjançant un amplificador operacional, condensadors i resistències.

### 5.4.2.1. Sallen-Key

És l'arquitectura més comuna pels filtres actius de segon ordre. La seva funció de transferència és la següent:

$$H(s) = \frac{A Y_1 Y_3}{(Y_1 + Y_2 + Y_5)(Y_3 + Y_4) + Y_3 Y_4 - A Y_2 Y_3} \quad (17)$$

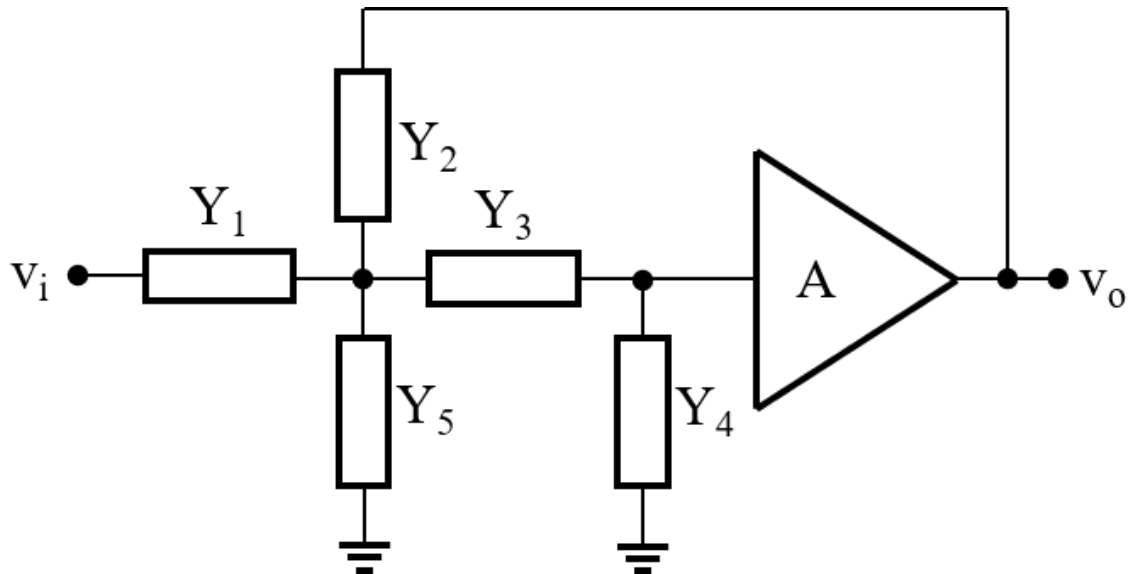


Figura 14: Esquema de l'arquitectura de Sallen-Key [4].

#### 5.4.2.1.1. Sallen-Key simplificada

L'estructura de Sallen-Key es pot simplificar donant lloc a una nova estructura on s'utilitzen quatre admittàncies en comptes de cinc. La seva funció de transferència és la següent:

$$H(s) = \frac{A Y_1 Y_3}{(Y_1 + Y_2)(Y_3 + Y_4) + Y_3 Y_4 - A Y_2 Y_3} \quad (18)$$

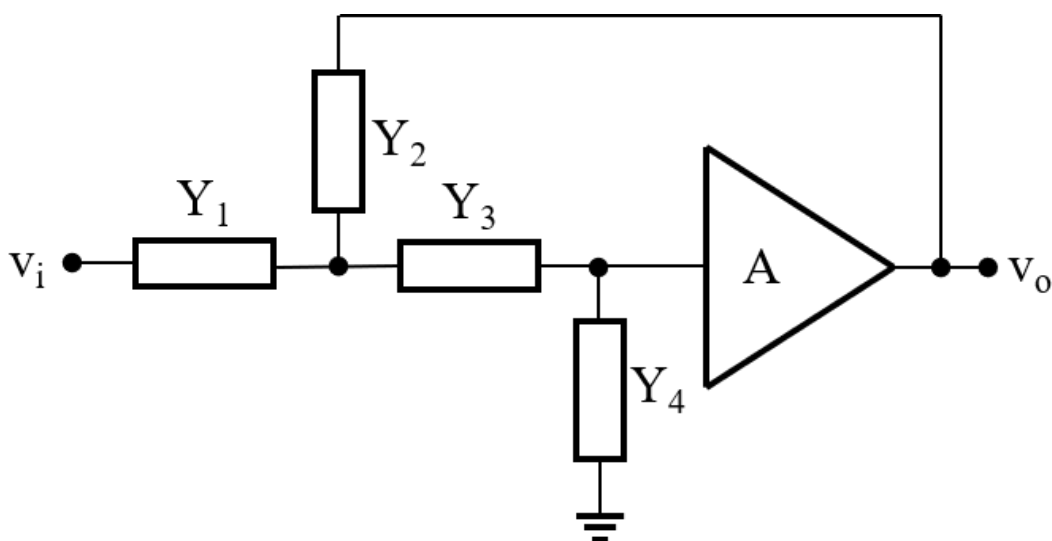


Figura 15: Esquema de l'arquitectura de Sallen-Key simplificada [4].

### 5.4.2.2. Rauch

També es poden utilitzar altres arquitectures per implementar filtres. Una que s'estudiarà en profunditat en aquest treball de fi de grau és l'arquitectura de Rauch. La seva funció de transferència és la següent:

$$H(s) = -\frac{Y_1 Y_5}{Y_4 Y_5 + Y_3 (Y_1 + Y_2 + Y_4 + Y_5)} \quad (19)$$

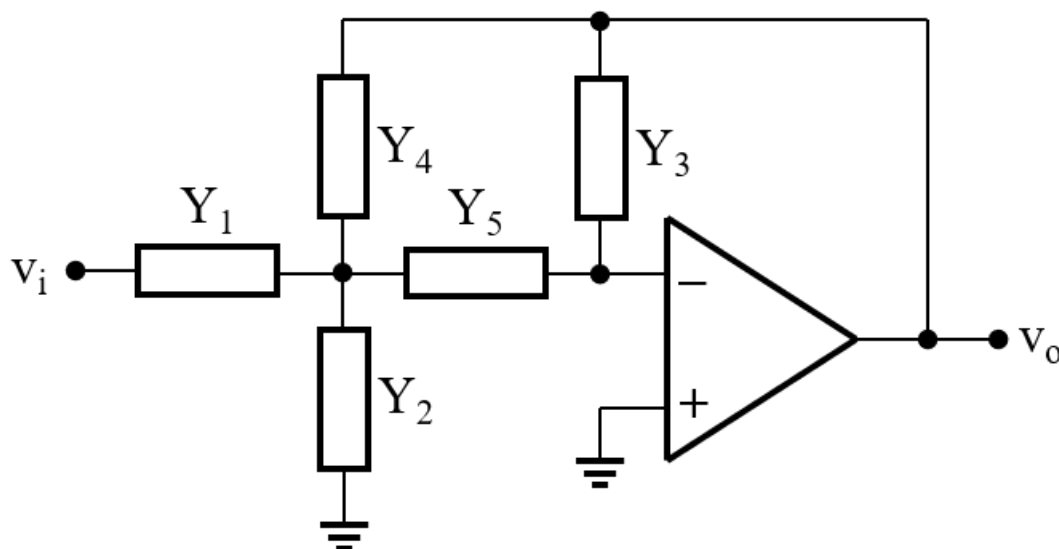


Figura 16: Esquema de l'arquitectura de Rauch [4].

## 6. Python

El llenguatge de programació utilitzat en aquest projecte per generar els fitxers *XML* que inclouen les preguntes dels diversos qüestionaris és *Python*. Per crear els diversos scripts de *Python*, s'han utilitzat 2 tipus de codificacions: 'UTF-8', que conté tots els caràcters ASCII [6], i 'ISO-8859-1', que inclou tot l'alfabet llatí i ens permetrà codificar vocals accentuades [7].

*Python* es un llenguatge de programació creat a finals de la dècada de 1980 per l'informàtic Guido Van Rossum [8]. Des de la seva creació, la popularitat de *Python* ha anat creixent fins convertir-se en el llenguatge de programació més utilitzat en l'actualitat [9]. Aquest creixement segueix en alça i això és degut a que es tracta d'un llenguatge de programació amb una sintaxi simple i fàcil d'entendre. L'última versió estable de *Python* és la 3.9.2.

Tots els scripts d'aquest projecte han estat creats des d'*Idle*. *Idle* es un entorn gràfic de desenvolupament integrat (IDE) que permet editar i executar programes de *Python* [10]. A més, disposa d'una *Shell*, des d'on l'usuari pot interactuar amb el programa que es troba en funcionament.

Concretament, per aquesta tesi s'ha utilitzat la versió 3.7.2. de *Python*, tot i que hi ha versions més modernes com s'ha vist anteriorment (3.9.2). No obstant això, cal remarcar que l'ús d'una versió més actual no tindria cap efecte rellevant en el funcionament dels programes.

En la creació dels diversos scripts de *Python*, s'han utilitzat els següents mòduls de *Python*: *Random* (Apartat 6.1), *Math* (Apartat 6.2), *Cmath* (Apartat 6.3), *PIL* (Apartat 6.4) i *Base64* (Apartat 6.5).

### 6.1. Random

Com s'ha mencionat anteriorment, l'objectiu d'aquesta tesi és generar qüestionaris per *Atenea*. Aquests qüestionaris estan formats per preguntes de filtres analògics, les quals es creen amb valors aleatoris. Per crear les diferents permutacions, s'ha utilitzat el mòdul de *Python* denominat *Random*.

El mòdul *Random* conté una gran quantitat de funcions que permeten generar tot tipus de números aleatoris i una de les més emprades al llarg d'aquest treball de fi de grau ha estat *randint()* [11]. La funció *randint()* permet generar nombres enters aleatoris entre els dos que s'indiquin entre parèntesis, incloent ambdós nombres. Per exemple, *Random.randint(3,9)* generarà un nombre aleatori entre el 3 i el 9 (ambdós inclosos).

Una altra funció molt útil per a crear els scripts de *Python* és *randrange()*. Aquesta funció permet generar nombres aleatoris entre dos números escollits, només incloent el primer nombre, amb la diferència especificada. Per exemple, la funció *Random.randrange(4,12,2)* pot generar els nombres aleatoris 4,6,8 i 10.

## 6.2. Math

El mòdul *Math* permet utilitzar diverses funcions matemàtiques rellevants [12]. Dins d'aquest mòdul, s'ha utilitzat la funció *sqrt()*, la qual s'encarrega de calcular l'arrel quadrada d'un nombre real i és necessària per a calcular la freqüència angular natural d'un filtre.

Una altre funció que s'ha utilitzat d'aquest mòdul és *degrees()*. Aquesta funció s'encarrega de convertir un valor de radians a graus.

## 6.3. Cmath

El mòdul de *Python Cmath* està estrictament dedicat als nombres complexos i conté diverses funcions que permeten treballar amb aquests [13]. En aquest mòdul s'han utilitzat les funcions *phase()*, *real()* i *imag()*.

La funció *phase()* s'encarrega de calcular l'argument d'un nombre complex i ens permet calcular el desfasament d'un circuit electrònic a una freqüència determinada.

Les funcions *real()* i *imag()* ens permeten obtenir els valors de la part real i la part imaginària d'un nombre complex.

## 6.4. PIL

Aquest mòdul de *Python* és conegut com a *Pillow*. No obstant, en els scripts que hem creat s'import com *PIL*. Dins d'aquesta llibreria, s'ha utilitzat la classe *Image* [14].

La classe *Image* permet treballar amb imatges, ja sigui per manipular-les, crear-les o mostrar-les. Per facilitar la comprensió de l'usuari que interactuï amb els programes de *Python*, s'han utilitzat les funcions *open()* i *show()*.



La funció *open()* s'encarrega de carregar imatges dins del programa per a posteriorment realitzar diverses operacions.

La funció *show()* obra la imatge que s'ha carregat anteriorment amb el mètode *open()*. Això permet a l'usuari saber a partir de quin circuit està generant les preguntes pels qüestionaris.

## 6.5. Base64

El mòdul *Base64* permet codificar dades en caràcters ASCII i descodificar imatges en dades binàries [15].

En els nostres scripts, és necessari convertir les imatges a codificació *utf-8* per tal de poder generar els arxius *XML*. Per aconseguir-ho, s'han utilitzat les funcions *b64encode()* i *decode()*.

## 6.6. Funcions rellevants

Per a poder optimitzar el màxim el funcionament del programa i per simplificar la seva estructura, s'han utilitzat diverses funcions que no pertanyen a cap dels mòduls anteriorment esmentats.

La primera d'elles és la funció *round()*. Aquesta funció s'encarrega d'aproximar un nombre decimal (*float*) al nombre de decimals que es desitgi. Per exemple, la funció *round(math.pi,2)* aproxima el nombre pi a les centèsimes. Per tant, el resultat obtingut serà 3,14.

La segona funció utilitzada és *abs()*. Aquesta funció permet obtenir el valor absolut d'un nombre i és especialment útil per a obtenir el mòdul de nombres complexos.

La tercera funció usada és *complex()*. Aquesta funció genera un nombre complex a partir dels dos arguments presos per la pròpia funció. El primer argument és el valor que prendrà la part real i el segon és el valor de la part imaginària. Per exemple, la funció *complex(1,1)* retorna el nombre complex 1+j.

Finalment, s'han utilitzat funcions que permeten convertir un valor o una variable al tipus de variable desitjat. Principalment, s'han empleat aquestes dues:

- *str()*: converteix un valor o una variable a *string*
- *int()*: converteix un valor o una variable a *integer*

## 6.7. Creació dels fitxers XML

Per a crear els diferents qüestionaris, s'han programat diversos scripts per a facilitar la seva comprensió. Cadascun d'aquests scripts està contingut dins d'una carpeta, la qual conté altres arxius a part del script com les imatges del circuit electrònic utilitzat o les instruccions del funcionament del programa de *Python*. Després d'executar el programa, es genera un fitxer XML que també s'emmagatzemarà en la mateixa carpeta. Aquests programes estan dedicats a la teoria i problemes de filtres de l'assignatura *Electrònica* del GETI i s'han escrit íntegrament en català.

En total s'han creat 6 programes: *Passa\_alta\_ordre1*, *Passa\_baixa\_ordre1*, *Passa\_alta\_ordre2*, *Passa\_baixa\_ordre2*, *Passa\_banda\_Rauch* i *Passa\_banda\_Sallen\_key*. Cadascun dels programes presenta diverses variants possibles, on a cadascuna es demanen càlculs o expressions diferents. A més a més, totes les respostes possibles es generen a partir de valors completament aleatoris per tal de poder crear el nombre de permutacions que es desitgin. Cal remarcar que els enunciats inclouen una resposta que permet a l'estudiant deixar en blanc la pregunta i que no li resti puntuació.

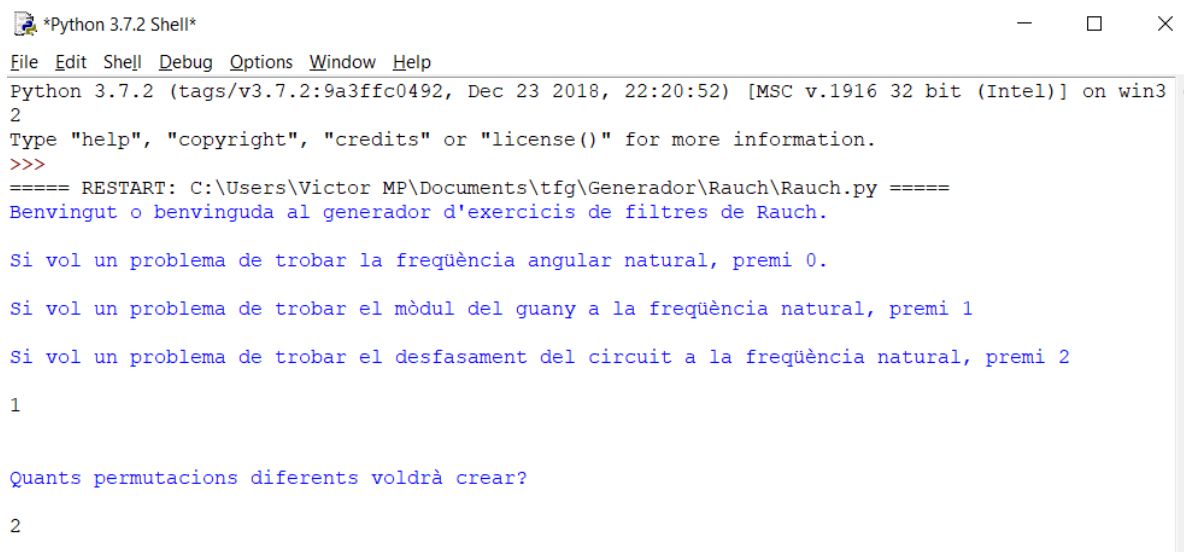
Finalment, per garantir la correcta execució del programa de *Python*, caldrà tenir instal·lats tots els mòduls anteriorment mencionats.

Tot i que en aquest treball de fi de grau s'ha utilitzat *Idle* per a crear els *scripts*, l'usuari podrà executar els programes amb qualsevol altre interfície gràfica, com poden ser la pròpia finestra de comandes de *Windows* o *Linux* o *Anaconda Navigator* [16].

Quan s'executa el programa, inicialment es mostra per pantalla una imatge del filtre triat. Seguidament, l'usuari ha d'escollir quin tipus de problema vol generar escrivint el número corresponent.

Si l'usuari escriu un nombre fora de rang, el programa el detecta com a no vàlid i permet a l'usuari introduir novament el número desitjat. Això també succeeix si s'introdueix algun caràcter alfabètic o de qualsevol tipus.

Una vegada escollit el tipus de problema, l'usuari triarà el nombre de permutacions que vol crear.



```
*Python 3.7.2 Shell*
File Edit Shell Debug Options Window Help
Python 3.7.2 (tags/v3.7.2:9a3ffc0492, Dec 23 2018, 22:20:52) [MSC v.1916 32 bit (Intel)] on win32
Type "help", "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>>
==== RESTART: C:\Users\Victor MP\Documents\tfg\Generador\Rauch\Rauch.py ====
Benvingut o benvinguda al generador d'exercicis de filtres de Rauch.

Si vol un problema de trobar la freqüència angular natural, premi 0.

Si vol un problema de trobar el mòdul del guany a la freqüència natural, premi 1

Si vol un problema de trobar el desfasament del circuit a la freqüència natural, premi 2

1

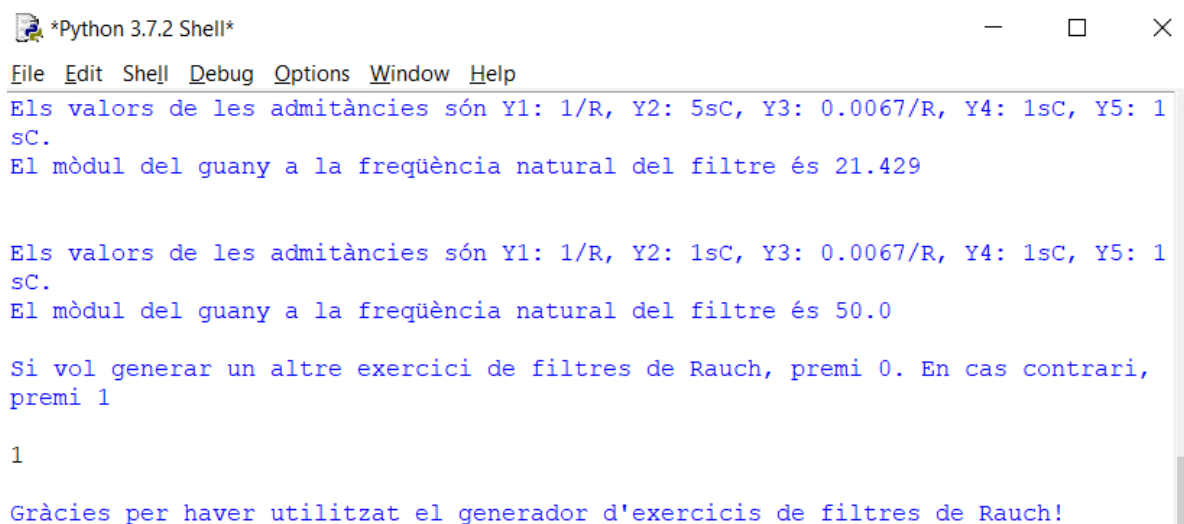
Quants permutacions diferents voldrà crear?

2
```

Figura 17: *Shell* d'*Idle* quan s'inicialitza el programa [Font pròpia].

Triades les permutacions, l'arxiu XML ja s'ha creat correctament amb els paràmetres escollits i es mostra per pantalla els valors aleatoris que ha generat cadascuna de les permutacions i la resposta correcta del problema escollit. Tot seguit, el programa ofereix a l'usuari l'opció de poder executar novament el programa. Si l'usuari vol crear un altre tipus de problema, haurà d'introduir el nombre 0 per pantalla. En cas contrari, introduirà el nombre 1.

Si l'usuari tria l'opció de generar un nou exercici, novament es triarà el tipus de problema i nombre de permutacions desitjats. En resum, el programa es comportarà de forma cíclica fins que l'usuari ho desitgi.



```
*Python 3.7.2 Shell*
File Edit Shell Debug Options Window Help
Els valors de les admitàncies són Y1: 1/R, Y2: 5sC, Y3: 0.0067/R, Y4: 1sC, Y5: 1 sC.
El mòdul del guany a la freqüència natural del filtre és 21.429

Els valors de les admitàncies són Y1: 1/R, Y2: 1sC, Y3: 0.0067/R, Y4: 1sC, Y5: 1 sC.
El mòdul del guany a la freqüència natural del filtre és 50.0

Si vol generar un altre exercici de filtres de Rauch, premi 0. En cas contrari,
premi 1

1

Gràcies per haver utilitzat el generador d'exercicis de filtres de Rauch!
```

Figura 18: *Shell* amb les respostes obtingudes i preguntant si es vol generar un altre exercici [Font pròpia].

El següent diagrama de flux mostra el comportament de cadascun dels programes de filtres:

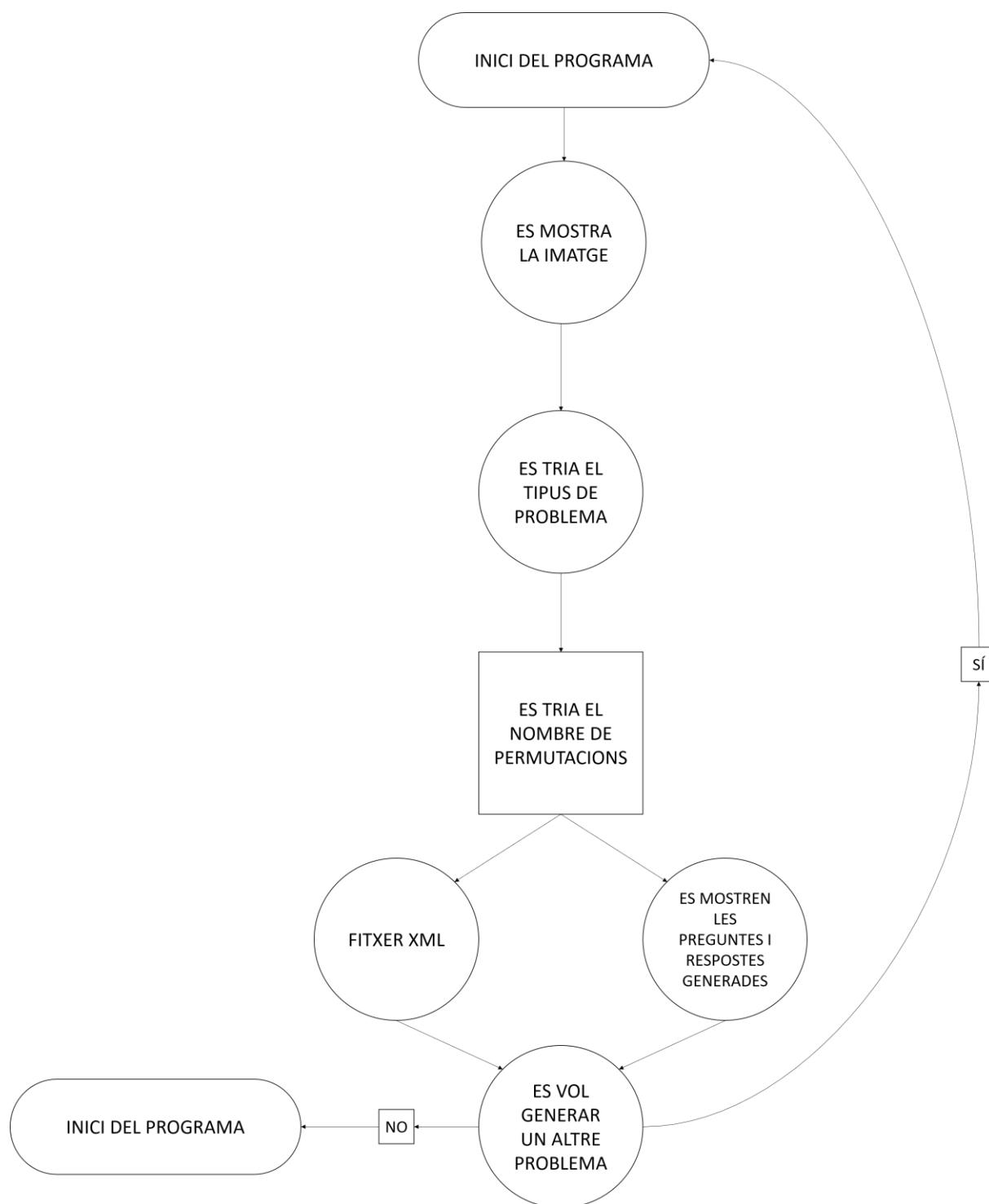


Figura 19: Diagrama de flux general dels programes creats [Font pròpia].

Com s'ha pogut observar, el programa és força intuïtiu i de fàcil comprensió per a l'usuari. Tot i això, si l'usuari té algun dubte respecte el funcionament, la carpeta on està continguda el fitxer *Python* també inclou unes instruccions. La [Figura 20](#) mostra les instruccions del programa *Passa\_banda\_Rauch*:

```
#####  
### INSTRUCCIONS PASSA BANDA RAUCH #####  
#####  
  
- Imprescindible tenir instal·lats els mòduls següents:  
  -Random  
  -Math  
  -PIL  
  -Base64  
  -cmath  
  
- Per crear un fitxer XML amb els problemes triats, executi el programa Passa_banda_Rauch.py  
  
- Per utilitzar el programa, descarregui tota la carpeta  
  
- Quan s'executa el programa, es mostra per pantalla la imatge del circuit electrònic  
  
- El programa anirà mostrant per pantalla els passos a seguir per generar els problemes  
  
- El fitxer XML que es genera es guarda dins de la carpeta descarregada  
  
- Cada vegada que s'executi el programa, esborri el fitxer XML contingut dins la carpeta
```

Figura 20: Instruccions del programa *Passa\_banda\_Rauch* [Font pròpia].

## 6.7.1. Filtres d'ordre 1

### 6.7.1.1. Passa baixa

Aquest script genera problemes d'un filtre passa baixa d'ordre 1, el qual s'ha creat a partir d'un amplificador operacional, dues resistències i un condensador. L'esquema electrònic del filtre es pot visualitzar en la [Figura 10](#). Els tipus de problemes que pot generar el programa són els següents:

- Esbrinar el tipus de filtre
- Trobar la funció de transferència
- Trobar la freqüència angular natural

### 6.7.1.1. Passa alta

Aquest script presenta la mateixa estructura i es generen els mateixos tipus de problemes que en l'script del filtre passa baixa d'ordre 1. A diferència del filtre passa baixa d'ordre 1, en aquest s'han utilitzat dos condensadors i una sola resistència per a poder crear un filtre passa alta d'ordre 1. Concretament, aquesta estructura electrònica és idèntica a la mostrada en la [Figura 12](#).

## 6.7.2. Filtres d'ordre 2

### 6.7.2.1. Passa baixa

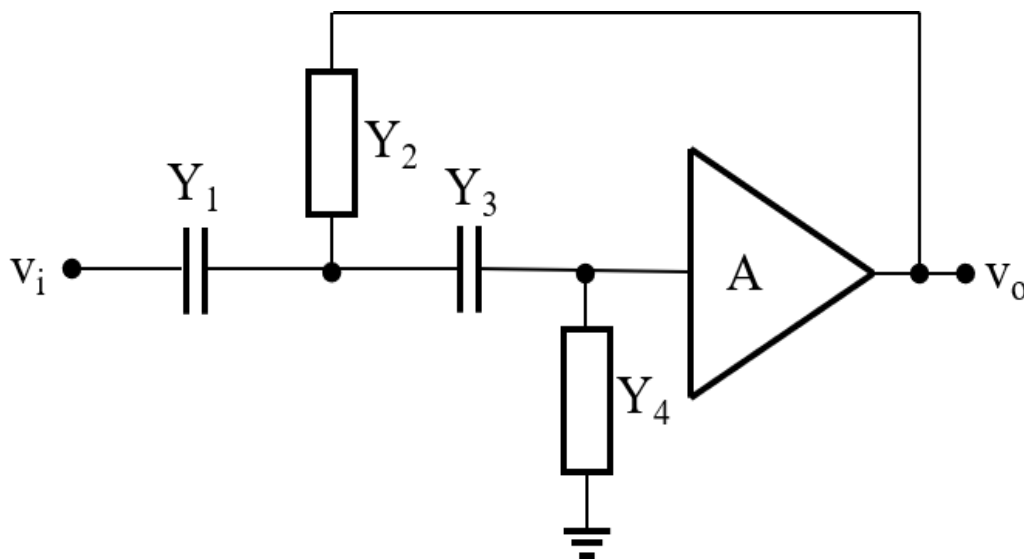


Figura 21: Esquema electrònic del filtre passa baixa d'ordre 2 utilitzat en l'script [4].

Aquest script genera problemes d'un filtre passa baixa d'ordre 2. Per a implementar-lo, s'ha utilitzat l'estructura de Sallen-Key simplificada, on les admitàncies  $Y_1$  i  $Y_3$  són condensadors i les admitàncies  $Y_2$  i  $Y_4$  són resistències. Els tipus de problema que es poden generar són els següents:

- Esbrinar el tipus de filtre
- Trobar la funció de transferència
- Calcular el coeficient d'amortiment
- Calcular la freqüència angular natural

### 6.7.2.2. Passa alta

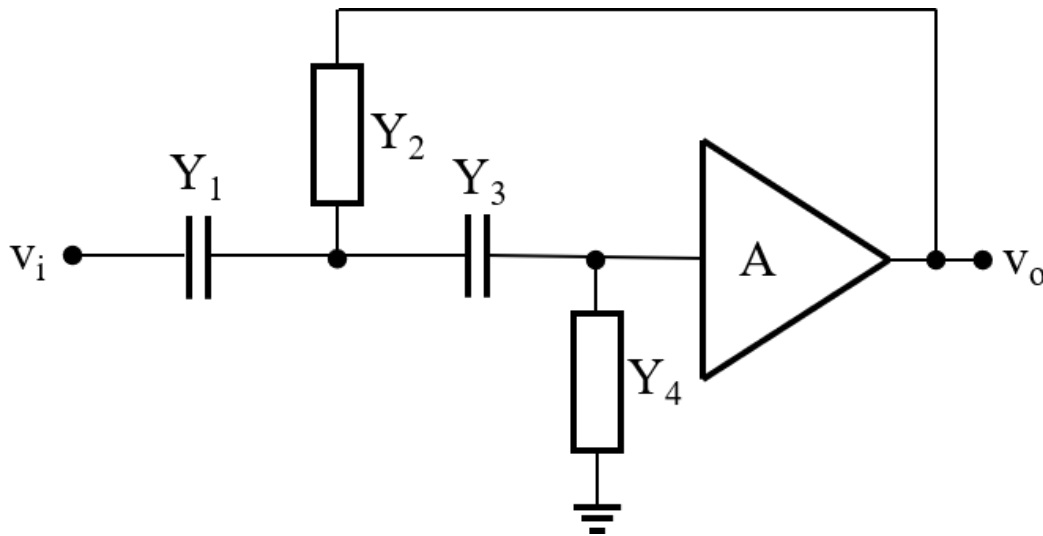


Figura 22: Esquema electrònic del filtre passa alta d'ordre 2 utilitzat en l'script [4].

Aquest script genera els mateixos problemes que el passa baixa d'ordre 2. Per implementar el filtre també s'ha utilitzat l'estructura de Sallen-Key simplificada, però s'han permutat les posicions dels condensadors i resistències per tal d'obtenir un passa alta d'ordre 2.

### 6.7.2.3. Passa banda

En total s'han creat 2 scripts on s'utilitzen filtres passa banda d'ordre 2. Per a crear aquest filtre s'han utilitzat dues estructures: Rauch i Sallen-Key.

#### 6.7.2.3.1 Rauch

Aquest script genera problemes d'un filtre passa banda amb l'estructura de Rauch, com es pot veure en la [Figura 16](#). Concretament, les admittàncies  $Y_1$  i  $Y_3$  corresponen a resistències mentre que les altres tres admittàncies ( $Y_2$ ,  $Y_4$ ,  $Y_5$ ) són condensadors. Els problemes que crea aquest fitxer són els següents:

- Calcular la freqüència angular natural
- Calcular el mòdul del guany a la freqüència natural
- Calcular el desfasament del circuit

### 6.7.2.3.2 Sallen-Key

Aquest script genera problemes d'un filtre passa banda amb l'estructura de Sallen-Key, com es pot observar en la [Figura 14](#). Les admitàncies  $Y_3$  i  $Y_5$  són condensadors i les altres tres ( $Y_1, Y_2, Y_4$ ) són resistències. Els problemes que el fitxer pot crear són els següents:

- Esbrinar el tipus de filtre
- Trobar la funció de transferència
- Trobar el mòdul del guany a la freqüència natural
- Calcular la freqüència angular natural

## 6.8. Verificació dels programes

Una vegada implementada la programació, cal comprovar que els càlculs i resultats obtinguts dels programes *Python* són correctes. Per a aconseguir-ho, s'ha utilitzat el paquet de programes *OrCad de Cadence*.

Primer de tot, s'ha dibuixat el circuit electrònic utilitzat per implementar el filtre analògic amb *Capture*. Per garantir el correcte funcionament del circuit, s'han col·locat una font de corrent alterna amb 1V de tensió i s'ha nomenat el voltatge d'entrada i sortida. Anàlogament, s'han assignat els valors desitjats a les resistències i als condensadors. La [Figura 23](#) mostra el circuit electrònic del filtre passa baixa de la [Figura 10](#) creat a l'*OrCad*.

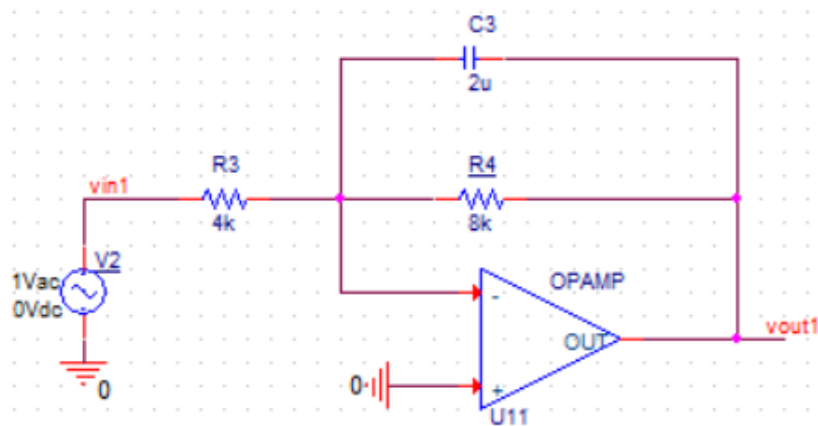


Figura 23: Esquema electrònic del filtre passa baixa d'ordre 1 estudiat dibuixat amb Capture [Font pròpia].



Seguidament, cal definir els paràmetres de simulació per a poder visualitzar els resultats. En el nostre cas, realitzarem un anàlisi *AC Sweep* perquè estem treballant en el domini freqüencial. Un cop seleccionat el tipus d'anàlisi, cal definir el domini freqüencial (en Hz) i el tipus d'*AC Sweep*.

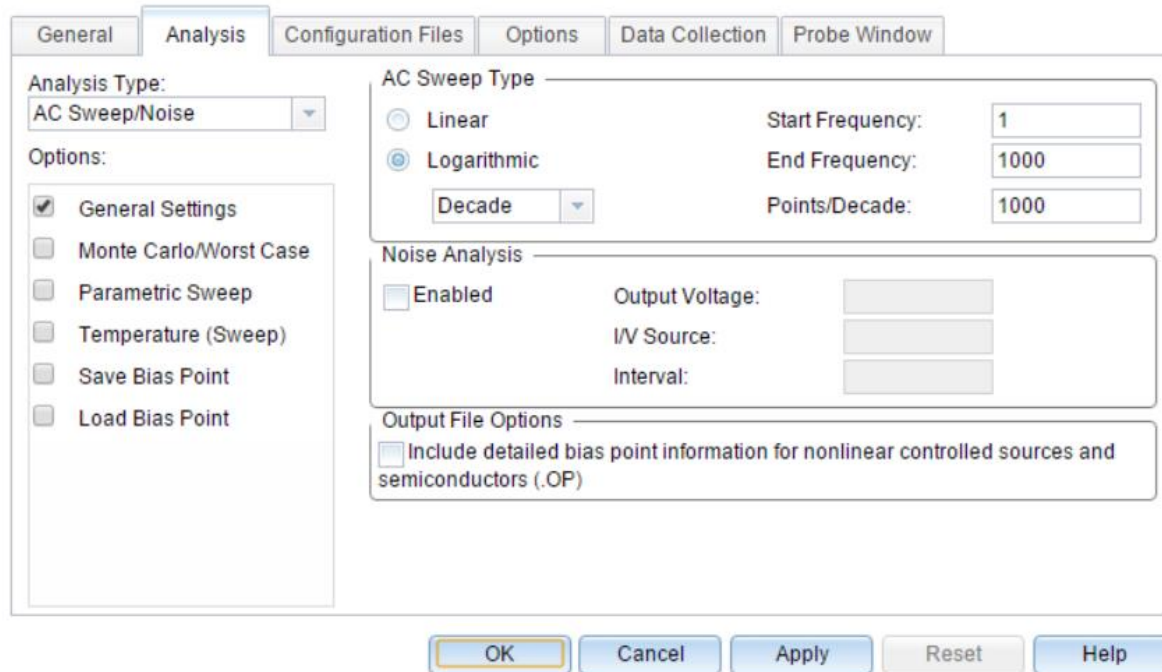


Figura 24: Paràmetres de la simulació del filtre estudiat [Font pròpia].

Finalment, ja es podrà realitzar la simulació, la qual es realitza amb *Pspice*. Per a obtenir els valors de la funció de transferència del filtre com la freqüència angular, el guany o l'amortiment (si el filtre és de segon ordre), dibuixarem el diagrama de Bode. Per fer-lo, utilitzarem l'opció *Add Trace* que ens permet inserir gràfics. Pel dibuixar el guany i la fase, s'usen les expressions  $DB()$  i  $P()$  respectivament. La Figura 25 mostra el diagrama de Bode del circuit de la Figura 23:

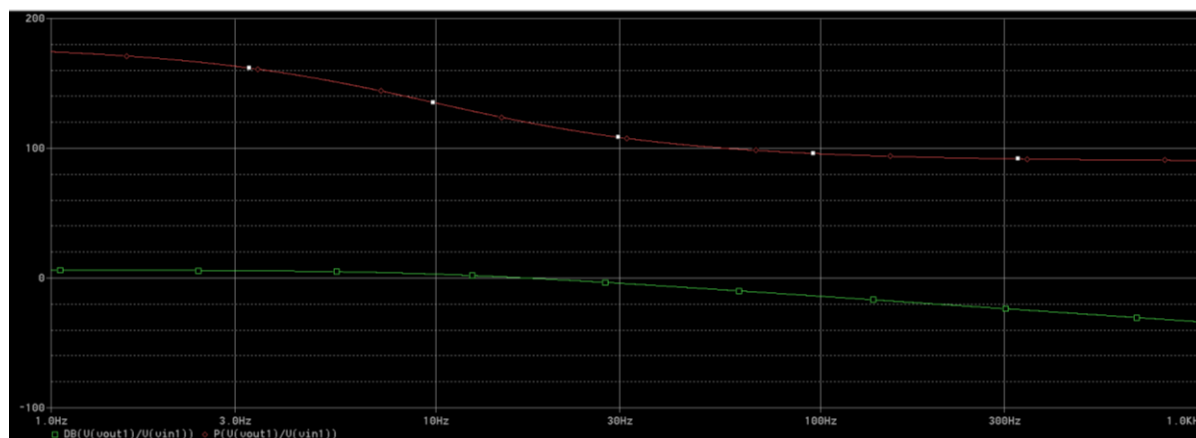


Figura 25: Diagrama de Bode del filtre estudiat dibuixat amb *Pspice* [Font pròpia].

Per exemple, si es vol esbrinar la freqüència natural a partir del diagrama de Bode, s'ha d'utilitzar l'opció *Toggle cursor*. En el cas anterior, el valor de la freqüència és de 9,9 Hz aproximadament. Per trobar el valor teòric, s'ha realitzat el següent càlcul:

$$\omega_0 = \frac{1}{R_4 \cdot C_3} = \frac{1}{8 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-6}} = 62,5 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \cdot \frac{1 \text{ volta}}{2\pi \text{ rad}} \approx 9,9 \text{ Hz} \quad (20)$$

Com es pot veure, es verifica el càlcul numèric realitzat. Si volem calcular el mòdul del guany a la freqüència angular o l'amortiment en un filtre d'ordre 2 a partir del diagrama de Bode, utilitzarem la següent equació:

$$|H(j\omega_0)| = \frac{K}{2\xi} \quad (21)$$

Per a comprovar els resultats obtinguts amb els scripts de *Python*, s'han simulat els circuits i obtingut els resultats numèrics pertinents seguint aquesta metodologia. Els fitxers d'*OrCad*, que contenen tots els circuits electrònics, es troben dins de la carpeta *Verificació\_programes*.

## 7. XML

### 7.1. Moodle

*Moodle* és una plataforma d'aprenentatge creada per l'australià Martin Dougiamas l'any 2001 [17]. L'objectiu d'aquesta plataforma és proveir a les institucions educatives d'un sistema robust, segur i integrat per l'aprenentatge a distància [18].

*Moodle* disposa d'una interfície fàcil de comprendre i utilitzar. Això permet als professors i administradors crear qüestionaris, pujar *PDF*, crear fòrums o enviar missatges als alumnes sense cap complicació. Actualment, la plataforma *Moodle* de la UPC rep el nom d'*Atenea*.

Aquesta tesi es centra en crear qüestionaris de filtres analògics per *Atenea*. Per tant, s'explicarà com s'importen les preguntes a *Atenea* i posteriorment, com es generen els qüestionaris a partir de totes les preguntes ja importades.

### 7.2. XML

L'*XML* és un llenguatge de programació per etiquetes, igual que altres com l'*HTML*. L'*XML* va ser creat l'any 1998 i pretenia solucionar les carències que presentava l'*HTML* [19]. Actualment, l'*XML* s'utilitza en diversos llocs webs degut a la seva simplicitat i facilitat d'ús [20].

En aquesta tesi, el format XML és l'utilitzat per importar les preguntes a *Atenea*. Cal remarcar que tots els fitxers XML, que inclouen les preguntes sobre filtres, s'han creat a partir dels programes (scripts) de *Python*.

### 7.3. Importació de preguntes

Una vegada ja s'han creat els arxius XML desitjats, podem procedir a importar els bancs de preguntes a *Atenea*.

Primer de tot, cal remarcar que és necessari tenir permís d'editor per a importar les preguntes a *Atenea*. Seguidament, s'ha de prémer el botó situat a la part superior de la pantalla. Aquest obre un desplegable i haurem de triar l'opció *Preguntes*.

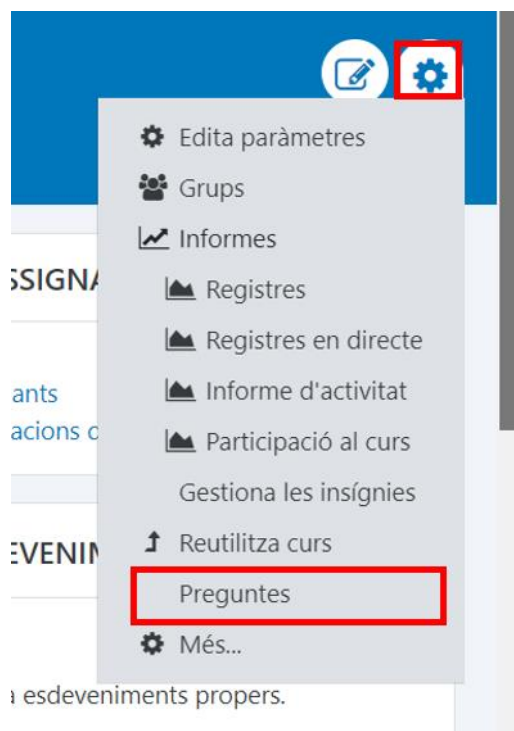


Figura 26: Menú desplegable d'opcions d'Atenea [Font pròpia].

A continuació, se'ns obra una finestra amb 4 opcions relatives als bancs de preguntes. L'opció que haurem de prémer és *Importa*.

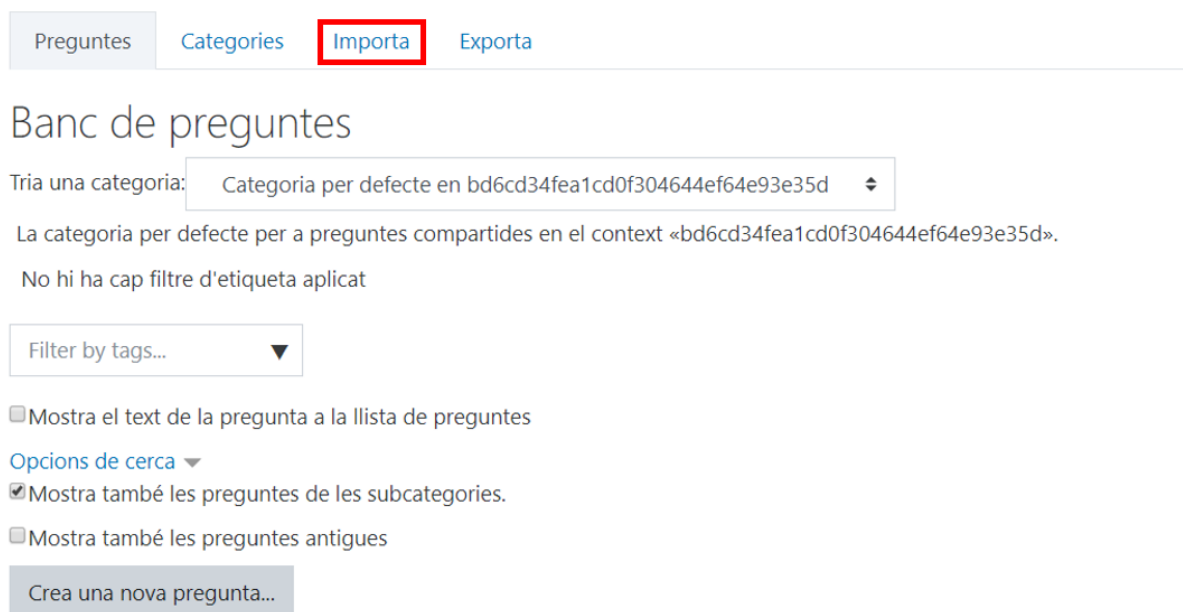


Figura 27: Menú del banc de preguntes d'Atenea [Font pròpia].

Tot seguit, s'obre una finestra que permet importar les preguntes. En aquesta finestra, s'ha de triar el format del fitxer. En aquest cas, s'escollirà el format *XML* de *Moodle*, però també hi ha disponibles altres com *Aitken*, *Gift*, *Blackboard* o *WebCT* [21].

Quan ja s'ha seleccionat el format *XML*, s'ha d'adjuntar el fitxer que conté el banc de preguntes. Per a fer-ho, s'ha de prémer el botó *Tria un fitxer...* i des de la finestra que s'obre, escollir el fitxer desitjat. La mida màxima per fitxers que permet *Atenea* és de 200 MB, però en aquest cas la mida del fitxer adjuntat no s'apropa a aquest valor. Llavors, es pot adjuntar un fitxer *XML* amb una gran quantitat de preguntes sense cap problema. En darrer lloc, es clicarà el botó d'*Importa*.

Preguntes Categories **Importa** Exporta

### Importació de preguntes des d'un fitxer

Aquest formulari conté camps obligatoris marcats amb **i**.

▼ **Format del fitxer**

- Blackboard
- Examview
- Format Aiken
- Format de paraula omesa
- Format Gift
- Format WebCT
- Format XML de Moodle**
- Respostes incrustades (Cloze)

▶ **Paràmetres generals**

▼ **Importació de preguntes des d'un fitxer**

Importa **i**

**Tria un fitxer...** Mida màxima per als fitxers nous: 200MB

Passa\_banda\_Rauch.xml

**Importa**

Aquest formulari conté camps obligatoris marcats amb **i**.

Figura 28: Menú d'importació de preguntes d'*Atenea* [Font pròpia].

Finalment, es mostra per pantalla els enunciats de les preguntes i per finalitzar el procés d'importació, cal clicar el botó *Continua*.

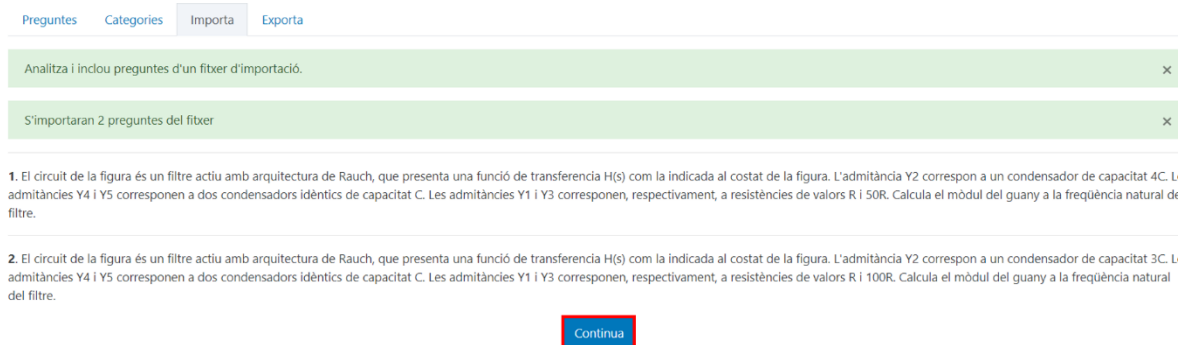


Figura 29: Vista prèvia de les preguntes importades [Font pròpia].

Després d’haver realitzat aquest últim pas, els bancs de preguntes ja s’han importats. Per pantalla es poden visualitzar totes les preguntes importades i ordenar-les per la data, el nom o el cognom del creador. Com es pot veure en la Figura 30, el nom de cada pregunta inclou la permutació i el tipus de problema. A més a més, es pot visualitzar la pregunta creada prement el botó de la lupa, tal i com es pot observar en la Figura 31.

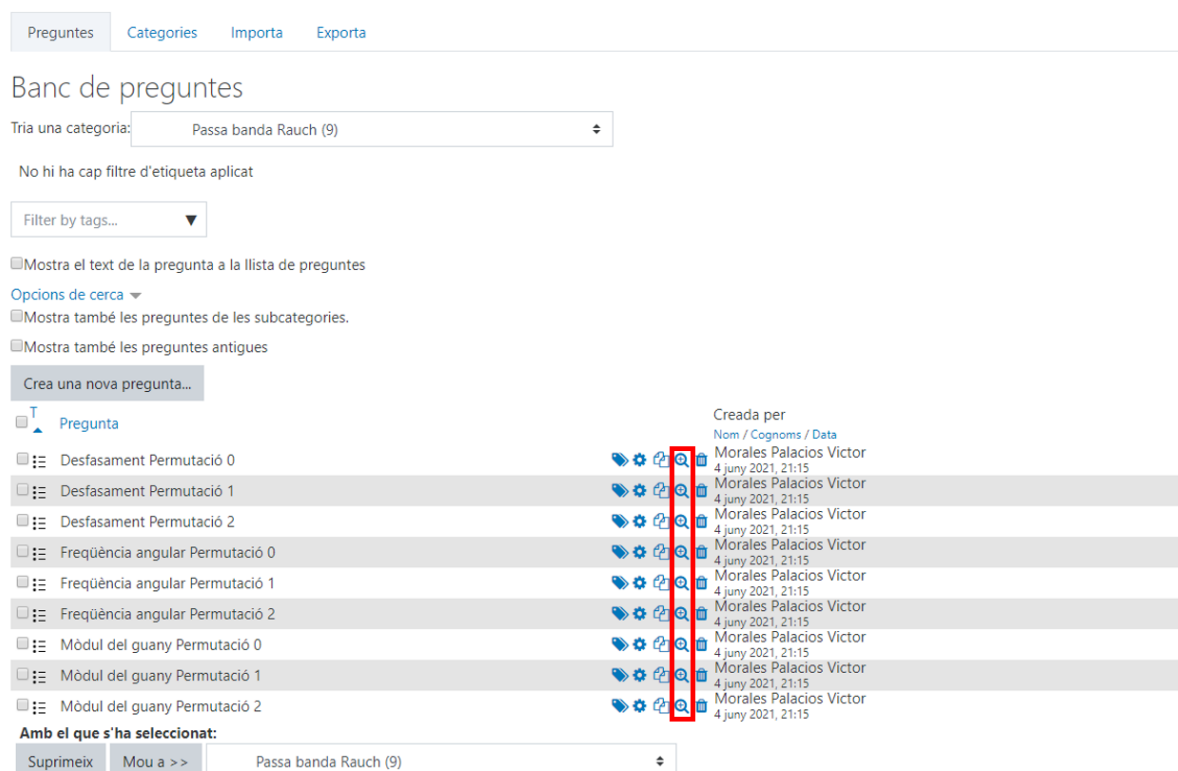
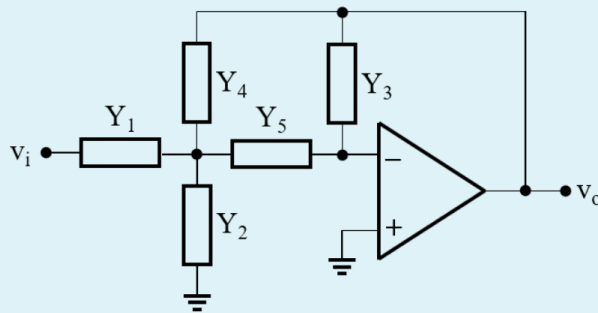


Figura 30: Llistat de preguntes de la categoria seleccionada [Font pròpia].

El circuit de la figura és un filtre actiu amb arquitectura de Rauch, que presenta una funció de transferència  $H(s)$  com la indicada al costat de la figura. L'admitància  $Y_2$  correspon a un condensador de capacitat  $5C$ . Les admitàncies  $Y_4$  i  $Y_5$  corresponen a dos condensadors idèntics de capacitat  $C$ . Les admitàncies  $Y_1$  i  $Y_3$  corresponen, respectivament, a resistències de valors  $R$  i  $250R$ . Calcula el mòdul del guany a la freqüència natural del filtre.



$$H(s) = - \frac{Y_1 Y_5}{Y_4 Y_5 + Y_3 (Y_1 + Y_2 + Y_4 + Y_5)}$$

Triu-ne una:

- 35.714
- 107.142
- 11.9047
- Deixa en blanc
- 3.5714
- 357.14

Figura 31: Captura de pantalla d'una pregunta importada a *Atenea* [Font pròpia].

## 7.4. Creació dels qüestionaris

Una vegada s'han importat totes les preguntes a *Atenea*, ja es podran crear els qüestionaris desitjats sobre filtres. El primer pas que cal realitzar es prémer el botó d'edició, el qual es troba a la part superior.



Figura 32: Selecció del botó d'edició [Font pròpia].

A continuació, haurem de triar a quina secció volem que pertanyi el qüestionari. En el cas que aquesta no existeixi, podrem crear la secció prement el botó *Afegeix seccions*. Un cop dins de la secció, a la part inferior dreta apareixen un conjunt de botons per afegir els recursos desitjats. Per afegir un nou qüestionari, clicarem el tercer botó de la segona fila.

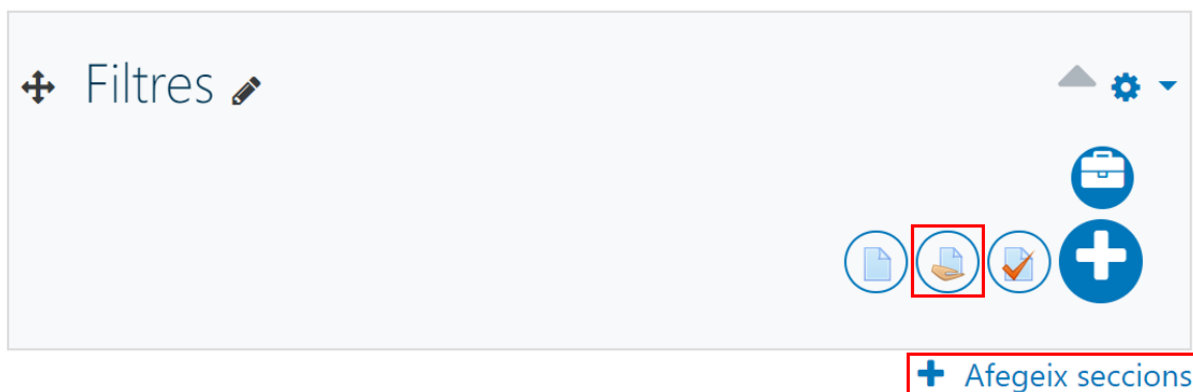


Figura 33: Menú d'edició de la secció Filtres [Font pròpia].

Tot seguit, *Atenea* ens permetrà editar diverses característiques del qüestionari. Algunes d'elles són el nom i la descripció i els paràmetres relacionats amb el temps, com la data d'obertura i tancament del qüestionari, el límit de temps per a contestar-lo o l'establiment d'un període de gràcia.

Figura 34: Menú d'edició dels paràmetres generals i temporals d'un qüestionari [Font pròpia].

Ara el qüestionari ja s'ha creat i es pot visualitzar des d'*Atenea*. No obstant, les preguntes encara no s'han afegit i per tant, cal editar el qüestionari:



## Qüestionari filtres



Mètode de qualificació: Qualificació més alta

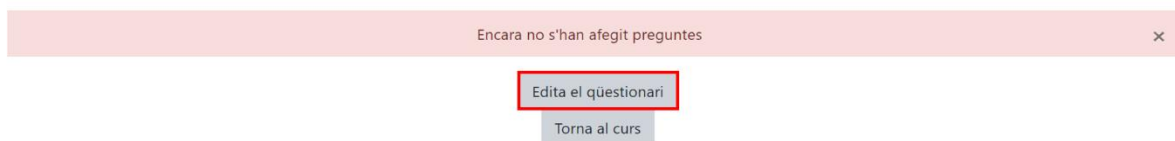


Figura 35: Captura de pantalla d'un qüestionari buit [Font pròpia].

En la pàgina que s'obre, l'usuari podrà introduir la qualificació màxima del qüestionari i podrà afegir les preguntes que desitgi. En total, *Atenea* ofereix 3 eines diferents per a la creació de preguntes.

La primera opció permet afegir preguntes utilitzant les eines que proporciona *Moodle*. La segona permet afegir preguntes d'un dels bancs de preguntes. La tercera permet afegir preguntes de forma aleatòria.

Com en aquest treball de fi de grau ja hem importat les preguntes a *Atenea*, les opcions interessants són la segona i la tercera.

En la segona opció, s'haurà de triar una categoria i així apareixeran per pantalla totes aquelles preguntes incloses en aquesta. Seguidament, es podrà triar la pregunta o el conjunt de preguntes desitjades, sempre tenint en compte la permutació. Finalment, haurem de clicar el botó blau de la part inferior.

Afegeix des del banc de preguntes al final ×

---













Tria una categoria: Passa alta ordre 1 (12) ▾

No hi ha cap filtre d'etiqueta aplicat

Filter by tags... ▾

Opcions de cerca ▾

- Mostra també les preguntes de les subcategories.
- Mostra també les preguntes antigues
  - T <sup>▲</sup> **Pregunta**

- Freqüència angular Permutació 0** El circuit de la figura és un filtre basat en un amplificador operac 
- Freqüència angular Permutació 1** El circuit de la figura és un filtre basat en un amplificador operac 
- Freqüència angular Permutació 2** El circuit de la figura és un filtre basat en un amplificador operac 
- Funció de transferència Permutació 0** El circuit de la figura és un filtre basat en un amplificador ope 
- Funció de transferència Permutació 1** El circuit de la figura és un filtre basat en un amplificador ope 
- Funció de transferència Permutació 2** El circuit de la figura és un filtre basat en un amplificador ope 
- Tipus de filtre i expressió Permutació 0** El circuit de la figura és un filtre basat en un amplificador oç 
- Tipus de filtre i expressió Permutació 1** El circuit de la figura és un filtre basat en un amplificador oç 
- Tipus de filtre i expressió Permutació 2** El circuit de la figura és un filtre basat en un amplificador oç 
- Tipus de filtre Permutació 0** El circuit de la figura és un filtre basat en un amplificador operacional id 
- Tipus de filtre Permutació 1** El circuit de la figura és un filtre basat en un amplificador operacional id 
- Tipus de filtre Permutació 2** El circuit de la figura és un filtre basat en un amplificador operacional id 

Afegeix les preguntes seleccionades al qüestionari

Figura 36: Addició de preguntes des d'un banc de preguntes [Font pròpia].

En el cas que triem la tercera opció, simplement haurem de seleccionar una categoria i el nombre total de preguntes que s'elegiran de forma aleatòria. Finalment, clicarem el botó blau, igual que en la segona opció.

Afegeix una pregunta aleatòria al final ×

---

**Categoria existent**    Categoria nova

Categoria Passa alta ordre 1 (12) ▾

Subcategories  Visualitza també les preguntes de les subcategories

Etiquetes ? Totes les etiquetes

Cerca ▾

Nombre de preguntes aleatòries 1 ▾

Preguntes que coincideixen amb aquest filtre: 12

« 1 2 3 »

☰ Tipus de filtre Permutació 0
☰ Tipus de filtre Permutació 1
☰ Tipus de filtre Permutació 2
☰ Funció de transferència Permutació 0
☰ Funció de transferència Permutació 1

Afegeix una pregunta aleatòria    Cancel·la

Figura 37: Addició de preguntes aleatòries [Font pròpia].

A mesura que es vagin afegint les preguntes, aquestes apareixeran per pantalla. A més a més, *Atenea* ens proporciona un conjunt d'eines per estructurar el qüestionari al nostre gust. Primer de tot, podrem assignar el pes desitjat a cadascuna de les preguntes canviant la puntuació situada en les caselles de l'esquerra. També, podem ordenar les preguntes arrastrant-les amb el botó de la creueta i situant-les a la posició desitjada. Finalment, podem situar les preguntes en diverses pàgines clicant als botons de salt de pàgina, que es troben a la part esquerra i són de color gris. Per a guardar tots els canvis realitzats, s'haurà de pressionar el botó *Desa*, situat a la part superior dreta.

S'està editant el qüestionari: Qüestionari filtres

Preguntes: 6 | El qüestionari està obert

Qualificació màxima 10,00

Repagina

Nombre de puntuacions: 6,00

Barreja preguntes

Pàgina	Ítem	Títol	Descripció	Accions	Puntuació
Pàgina 1	1	Freqüència angular Permutació 0	El circuit de la figura és un filtre basat en un amplificador operacional ideal. El valor de la resistència és d...	🔍 🗑️	1,00
Pàgina 2	2	Amortiment Permutació 0	El circuit de la figura és un filtre actiu amb arquitectura de Sallen-Key simplificada, que presenta una funció de T...	🔍 🗑️	1,00
Pàgina 3	3	Tipus de filtre i expressió Permutació 1	El circuit de la figura és un filtre basat en un amplificador operacional ideal. Els valors de les resistè...	🔍 🗑️	1,00
Pàgina 4	4	Funció de transferència Permutació 1	El circuit de la figura és un filtre actiu amb arquitectura de Sallen-Key simplificada, que presenta una...	🔍 🗑️	1,00
Pàgina 5	5	Desfasament Permutació 2	El circuit de la figura és un filtre actiu amb arquitectura de Rauch, que presenta una funció de transferència H(s)...	🔍 🗑️	1,00
Pàgina 6	6	Guany Permutació 2	El circuit de la figura és un filtre actiu amb arquitectura de Sallen-Key, que presenta una funció de transferència H(s) c...	🔍 🗑️	1,00

Figura 38: Vista prèvia de les preguntes del qüestionari [Font pròpia].

Després d'haver realitzat els passos anteriors, el qüestionari ja està creat correctament. Tot i així, *Atenea* permet modificar-los en qualsevol moment.

Per a comprovar que el resultat ha estat el desitjat, és molt recomanable iniciar un intent en el qüestionari creat.

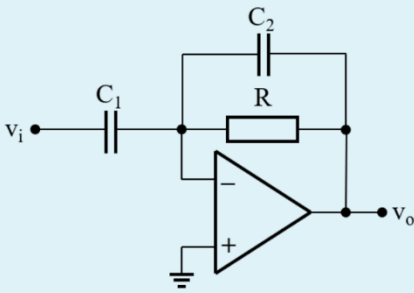
**Pregunta 1**

No s'ha respost encara

Puntuat sobre 1,00

🚩 Marca la pregunta

El circuit de la figura és un filtre basat en un amplificador operacional ideal. El valor de la resistència és de  $6R$  i els valors dels condensadors  $C_1$  i  $C_2$  són de  $3C$  i  $10C$  respectivament. Troba la seva funció de transferència.



Trieu-ne una:

- $H(s) = 18sRC / (1 + 60sRC)$
- $H(s) = -60sRC / (1 + 60sRC)$
- $H(s) = -18sRC / (1 + 18sRC)$
- $H(s) = -60sRC / (1 + 18sRC)$
- Deixa en blanc
- $H(s) = -18sRC / (1 + 60sRC)$

NAVEGACIÓ PEL QÜESTIONARI

1 2 3 4 5 6

Acaba l'intent...

Figura 39: Captura de pantalla del qüestionari creat [Font pròpia].

## 8. Planificació

Per a planificar la temporització del projecte, s'ha utilitzat un diagrama de Gantt. El diagrama de Gantt és un tipus de diagrama de barres molt comú i rep aquest nom a causa del seu creador, Henry Gantt. El diagrama de Gantt del projecte s'ha creat mitjançant l'eina de gràfics del Microsoft Excel.

Per a la creació del diagrama, s'han tingut en compte diversos criteris i condicions per tal d'aprofitar el temps de forma òptima. Les primeres condicions implantades són la data d'inici i de finalització del projecte, les quals són el 22 de febrer i el 21 de juny respectivament. En altres paraules, es disposa d'un total de 4 mesos per a la realització d'aquest treball de fi de grau.

Inicialment, s'ha decidit dedicar la primera setmana a la recerca d'informació sobre els diversos mòduls de *Python* utilitzats i sobre la sintaxi i el funcionament del llenguatge *XML*, ja que anteriorment no havia treballat amb ell.

Com en aquest projecte es vol profunditzar en l'estudi dels filtres, s'ha creat un fitxer per cada tipus de filtres d'ordre 1 i 2 i per les principals arquitectures d'implementació. En total s'han programat 6 fitxers (scripts de Python).

Pel que fa al temps de creació de cadascun dels fitxers, s'ha establert un temps estàndard de 2 setmanes, és a dir, 14 dies. No obstant, els fitxers *Passa\_alta\_ordre1* i *Passa\_alta\_ordre2* s'han programat en només 10 dies, ja que deriven dels *scripts* *Passa\_baixa\_ordre1* i *Passa\_baixa\_ordre2*, respectivament. Per tant, una gran part del codi de programació es pot reaprofitar i això redueix substancialment el temps de treball.

Seguidament, per tal d'obtenir una opinió contrastada dels avenços del treball i realitzar un seguiment, s'han programat un total de 3 reunions amb el tutor. La primera reunió es va realitzar a l'inici del projecte, la segona a meitat i la tercera al final. Després de les reunions, s'ha revisat els fitxers de *Python* creats i s'han aplicat les correccions pertinents.

Una vegada s'ha creat el primer fitxer de *Python*, s'ha iniciat la redacció de la memòria, la qual s'ha prolongat fins la penúltima setmana del projecte. Escriure la memòria a mesura que es creaven els fitxers ha permès ser més precís i ha facilitat molt la tasca.

Finalment, l'última setmana s'ha dedicat exclusivament a revisar la memòria i els fitxers per tal de polir les possibles errades.

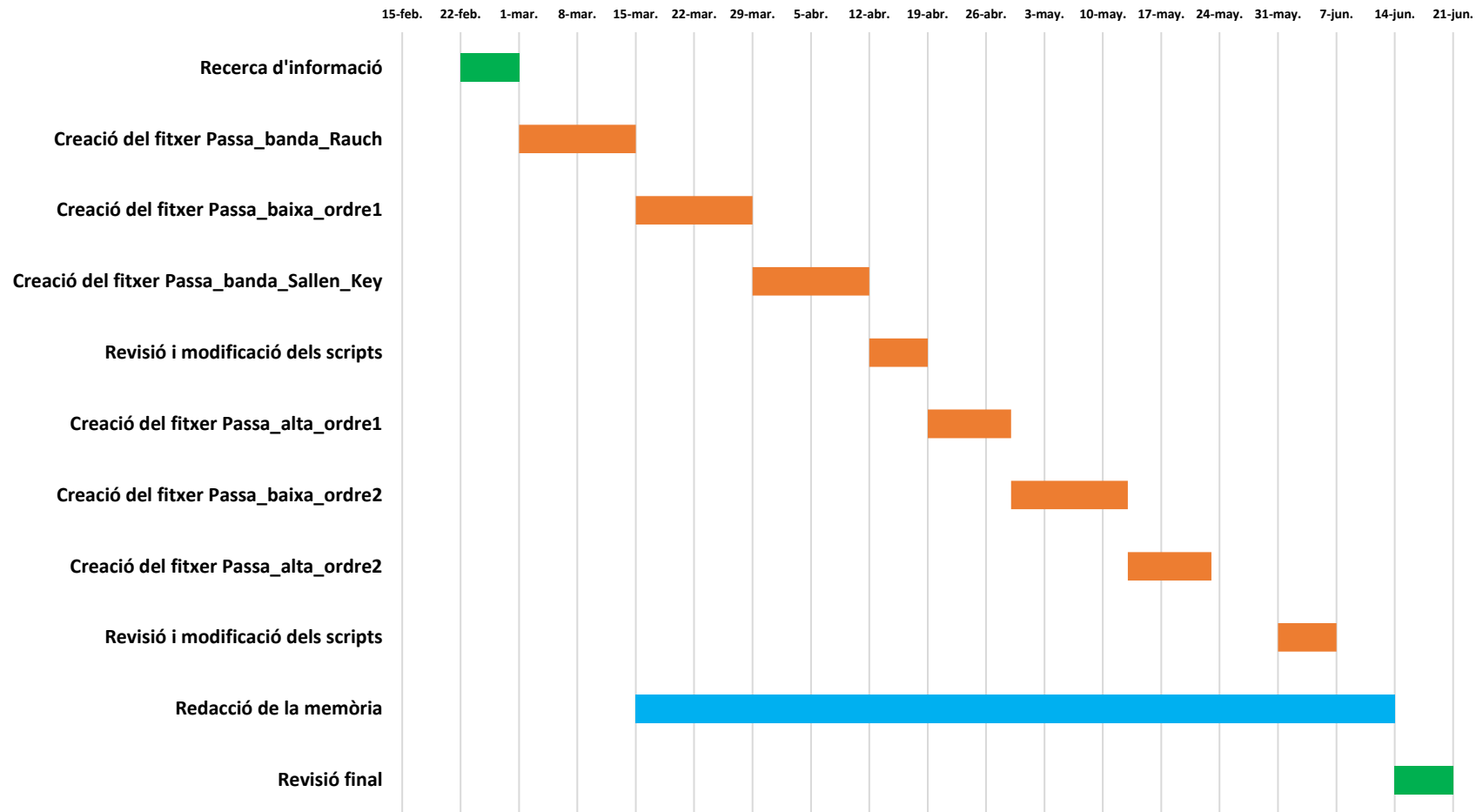


Figura 40. Diagrama de Gantt del projecte [Font pròpia].

## 9. Pressupost

Per a poder estimar el cost total per realitzar aquest projecte, s'han de tenir en compte diversos aspectes. Un dels més vitals és la quantitat d'hores de treball empleades, el qual ha estat de 300. Com es pot veure en l'[Apartat 8](#), les 300 hores han estat dedicades a diverses tasques i per aquesta raó, caldrà estimar el cost per hora de cada una d'elles.

Per determinar el cost total de la programació, s'ha buscat el salari anual mitjà d'un programador de *Python*. El salari anual mitjà és de 30.409 € [22] i a partir d'aquest, s'ha calculat el preu per hora d'un programador *Python*. Pel càlcul s'ha considerat que el salari es reparteix en 14 pagues, es treballen 22 dies cada mes i a jornada completa (8 hores diàries):

$$\frac{\text{Preu}}{\text{Hora}} = \frac{30.409 \frac{\text{€}}{\text{any}}}{14 \frac{\text{pagues}}{\text{any}} \cdot 22 \frac{\text{dies}}{\text{mes}} \cdot \frac{h}{\text{setmana}}} = 12,34 \frac{\text{€}}{h} \quad (22)$$

Durant tot el treball de fi de grau, s'ha utilitzat l'ordinador portàtil *Lenovo Ideapad 330-15ich*. Actualment, aquest ordinador està descatalogat i no es pot comprar. Tot i així, a l'hora de fer el pressupost s'ha considerat el preu d'adquisició, que va ser de 900€

Pel que fa al cost de la recerca d'informació, de la redacció de la memòria i de les revisions periòdiques del projecte, s'ha considerat el preu per hora mínim establert per la normativa de la UPC respecte les pràctiques d'empresa, que és de 8 €/h [23].

Tot seguit, cal pressupostar el cost de les llicències dels programes utilitzats durant aquesta tesi. Per redactar la memòria s'ha utilitzat el paquet *Microsoft 365 Personal*, que té un preu mensual de 7 € [24]. Com el projecte s'ha realitzat en aproximadament 4 mesos, el cost total dels programes de *Microsoft* és de 28 €. Un altre programa que s'ha utilitzat ha estat *Matlab*, que ha permès dibuixar els diagrames de Bode de cadascun dels tipus de filtres. El cost de la llicència de *Matlab* és de 119 € [25]. Per la programació dels filtres *Python*, s'ha utilitzat la interfície *Idle* que és gratuïta. Per tant, el seu ús no suposa un cost addicional pel nostre projecte. L'últim programa utilitzat és el *OrCad*, el qual té un preu de 580 \$ [26]. Al realitzar la conversió, s'obté que el preu en euros és de 475 € aproximadament.

Finalment, s'ha estimat el cost de l'energia utilitzada pel nostre ordinador portàtil. La bateria del portàtil utilitzat té una capacitat de 45 W·h i la seva autonomia és de 1 hora i mitja. Sabent que l'ordinador s'ha utilitzat les 300 hores de treball i que el preu del kWh amb el contracte que dispenso a casa és de 0,21€, es procedeix al càlcul del cost energètic:

$$Cost_{energètic} = \frac{0,045 \text{ kWh}}{1,5 \text{ h autonomia}} \cdot 300 \text{ h treball} \cdot 0,21 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 1,89 \text{ €} \quad (23)$$

Una vegada s'han calculat tots els costos del projecte, s'ha determinat el cost total:

Tasca realitzada	Hores [h]	Preu/hora [€/h]	Cost [€]
Programació	120	12,34	1480,8
Recerca d'informació	40	8	160
Redacció de la memòria	120	8	960
Revisió final	20	8	320
<b>Cost total</b>			<b>2920,8</b>

Taula 1: Cost total de les hores de treball.

Tipus de cost	Cost [€]
Hores de treball	2920,8
Ordinador portàtil <i>Lenovo Ideapad 330-15ich</i>	900
Llicència <i>Microsoft 365 Personal</i>	28
Llicència <i>Matlab</i>	119
Llicència <i>OrCad</i>	475
Energia utilitzada	1,89
<b>Total</b>	<b>4444,69</b>

Taula 2: Cost total del projecte.



## 10. Impacte mediambiental

Aquest projecte, igual que tots, té un impacte mediambiental. Per quantificar-lo, s'ha calculat la petjada de carboni generada per l'energia gastada per l'ordinador al llarg de les 300 hores de treball.

Primer de tot, s'ha calculat l'energia gastada per l'ordinador portàtil durant la totalitat d'aquesta tesi. Pel càlcul s'han considerat les dades ja esmentades en l'[Apartat 9](#):

$$Energia_{total} = \frac{0,045 \text{ kWh}}{1,5 \text{ h autonomia}} \cdot 300 \text{ h treball} = 9 \text{ kWh} \quad (24)$$

Seguidament, calcularem la petjada de carboni sabent que les emissions de CO<sub>2</sub> per unitat d'energia són de 0,19 kg/kWh [27]:

$$CO_{2generat} = 9 \text{ kWh} \cdot 0,19 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}} = 1,71 \text{ kg } CO_2 \quad (25)$$

A partir del càlcul anterior, podem afirmar que la petjada de carboni provocada pel projecte és de 1,71 kg CO<sub>2</sub>.

## 11. Conclusions i futurs treballs

Per concloure, m'agradaria remarcar la importància de la programació en l'actualitat. Aquest treball té com a finalitat ajudar al professorat i a l'alumnat de l'assignatura *Electrònica* del GETI i la programació és la millor eina per aconseguir-ho.

Abans de començar el projecte ja coneixia una gran quantitat de mòduls de *Python* i sabia que existien molts més. Una vegada finalitzat, puc afirmar que aquesta immensa quantitat de mòduls converteix a *Python* en un llenguatge molt versàtil i amb infinitat de possibilitats.

Aquest treball de fi de grau també m'ha permès ampliar els meus coneixements en el camp de l'electrònica, sobretot en els filtres analògics. A causa de la gran quantitat de temari present en l'assignatura d'*Electrònica*, el ritme que segueix el professorat és força elevat i personalment, crec que s'hauria de dedicar més temps a diversos temes.

*Moodle* és una plataforma creada per l'educació i que disposa d'una gran quantitat de recursos. Al importar els qüestionaris, he comprovat de la varietat d'opcions que inclou *Moodle* a l'hora de crear els qüestionaris. A més a més, penso que la seva interfície gràfica és molt intuïtiva pel professorat.

Finalment, vull remarcar novament la importància de disposar de la major quantitat de recursos tant pel professorat com per l'alumnat. Pel professorat, l'abundància de recursos facilita l'ensenyament i pels alumnes, aprendre i assolir els conceptes és una tasca molt més simple i que es realitza d'una forma més eficient.

Tot i estar conforme amb el resultat final, penso que el projecte es pot millorar. Aquestes millores no han estat implementades a causa de la falta de temps.

La primera millora que caldria implementar seria crear una interfície gràfica pels programes de *Python*. Per implementar-la, es podria utilitzar el mòdul *Kivy*, el qual permet crear aplicacions per *Windows*, *Linux*, *Android* i *iOS*. Per tant, es podrien generar els fitxers *XML* des d'un mòbil com des d'un ordinador.

En segon lloc, crec que es poden crear més tipus d'exercicis de filtres utilitzant altres circuits electrònics. Per exemple, es podria crear algun exercici a partir d'un diagrama de Bode. A més a més, seria molt positiu traduir els programes a altres llengües com el castellà o anglès i així permetre que més persones el puguin utilitzar.

Finalment, crec que la idea d'aquest projecte s'hauria d'estendre a més departaments de la universitat i així, s'ajudaria molt a tots els alumnes i professors implicats.



## Agraïments

En primer lloc, m'agradaria donar les gràcies al tutor del meu treball de fi de grau Manuel Moreno Eguílaz. Per la seva atenció i compromís, sempre responent tots els correus que li enviava i fins i tot, realitzant reunions telemàtiques per resoldre dubtes.

En segon lloc, m'agradaria donar les gràcies a la meva família i als meus amics per recolzar-me incondicionalment durant els darrers quatre mesos.



## Bibliografia

- [1] A. Bonafonte, *Transformada de Fourier*, Departament de Teoria del Senyal i Comunicacions, Universitat Politècnica de Catalunya  
Consultat (24/02/2021)
- [2] E. Lupon i S. Busquets, *Definició, classificació i característiques dels sistemes electrònics*, Departament d'Enginyeria Electrònica, Secció Barcelona-Sud (E.T.S.E.I.B.), Universitat Politècnica de Catalunya  
Consultat (05/03/2021)
- [3] E. Lupon, J. A. Carrasco i S. Busquets, *Introducció als sistemes analògics*, Departament d'Enginyeria Electrònica, Secció Barcelona-Sud (E.T.S.E.I.B.), Universitat Politècnica de Catalunya  
Consultat (11/03/2021)
- [4] E. Lupon, L. Balado, S. Busquets, A. Gómez, J. A. Carrasco i M. Moreno, *Processament lineal avançat*, Departament d'Enginyeria Electrònica, Secció Barcelona-Sud (E.T.S.E.I.B.), Universitat Politècnica de Catalunya  
Consultat (01/03/2021)
- [5] Art Pini, *Lo básico de los filtros de paso bajo antialérgenos*, Digi-key, [En línia], Disponible a: <https://www.digikey.com/es/articles/the-basics-of-anti-aliasing-low-pass-filters>  
Consultat (28/04/2021)
- [6] *UTF-8*, Wikipedia, [En línia], Disponible a: <https://es.wikipedia.org/wiki/UTF-8>  
Consultat (01/04/2021)
- [7] *ISO/IEC 8859-1*, Wikipedia, [En línia], Disponible a: [https://es.wikipedia.org/wiki/ISO/IEC\\_8859-1](https://es.wikipedia.org/wiki/ISO/IEC_8859-1)  
Consultat (01/04/2021)
- [8] *Python*, Wikipedia, [En línia], Disponible a: <https://es.wikipedia.org/wiki/Python>  
Consultat (26/03/2021)
- [9] *Lenguajes de programación más usados según el tipo de desarrollo*, YeePLY, [En línia], Disponible a: <https://www.yeeply.com/blog/lenguajes-de-programacion-mas-usados/>  
Consultat (26/03/2021)
- [10] *Idle*, Python, [En línia], Disponible a: <https://docs.python.org/3/library/idle.html>  
Consultat (29/03/2021)

- [11] *Python Random Module*, W3Schools, [En línia], Disponible a:  
[https://www.w3schools.com/python/module\\_random.asp](https://www.w3schools.com/python/module_random.asp)  
Consultat (10/04/2021)
- [12] *Math-mathematical functions*, Python, [En línia], Disponible a:  
<https://docs.python.org/3/library/math.html>  
Consultat (13/04/2021)
- [13] *Cmath-mathematical funcions for complex numbers*, Python, [En línia], Disponible a:  
<https://docs.python.org/es/3/library/cmath.html>  
Consultat (26/04/2021)
- [14] *Image module*, Pillow, [En línia], Disponible a:  
<https://pillow.readthedocs.io/en/stable/reference/Image.html>  
Consultat (13/04/2021)
- [15] *Base 64-Codificaciones de datos Base16, Base32, Base64, y Base85*, Python, [En línia], Disponible a: <https://docs.python.org/es/3/library/base64.html>  
Consultat (19/04/2021)
- [16] *Anaconda Navigator*, Anaconda, [En línia], Disponible a:  
<https://anaconda.org/anaconda/anaconda-navigator>  
Consultat (22/04/2021)
- [17] *History*, Moodle, [En línia], Disponible a: <https://docs.moodle.org/310/en/History>  
Consultat (29/04/2021)
- [18] *About Moodle*, Moodle, [En línia], Disponible a:  
[https://docs.moodle.org/310/en/About\\_Moodle](https://docs.moodle.org/310/en/About_Moodle)  
Consultat (29/04/2021)
- [19] I. de Souza, *XML: ¿qué es y para qué sirve este lenguaje de marcado?*, Rockcontent, [En línia], Disponible a: <https://rockcontent.com/es/blog/que-es-xml/#:~:text=Detr%C3%A1s%20del%20dise%C3%B1o%20y%20el,para%20la%20codificaci%C3%B3n%20de%20documentos.>  
Consultat (08/05/2021)
- [20] *Historia del XML*, Desarrollo web, [En línia], Disponible a:  
<https://desarrolloweb.com/articulos/450.php#:~:text=El%20XML%20proviene%20de%20un,all%C3%A1%20por%20los%20a%C3%B1os%2070.&text=As%C3%AD%20pues%2C%20necesitaban%20una%20manera,se%20pueda%20luego%20procesar%20a%20decuadamente.>  
Consultat (08/05/2021)

- [21] *Import questions*, Moodle, [En línia], Disponible a:  
[https://docs.moodle.org/310/en/Import\\_questions](https://docs.moodle.org/310/en/Import_questions)  
Consultat (19/05/2021)
- [22] *Sueldos de Python Developer*, Glassdoor, [En línia], Disponible a:  
[https://www.glassdoor.es/Sueldos/python-developer-sueldo-SRCH\\_KO0,16.htm](https://www.glassdoor.es/Sueldos/python-developer-sueldo-SRCH_KO0,16.htm)  
Consultat (01/06/2021)
- [23] *Pràctiques acadèmiques externes*, Universitat Politècnica de Catalunya, [En línia],  
Disponible a: <https://www.upc.edu/cce/ca/estudiants>  
Consultat (02/06/2021)
- [24] *Microsoft 365*, Microsoft, [En línia], Disponible a: <https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-365/buy/compare-all-microsoft-365-products>  
Consultat (02/06/2021)
- [25] *Pricing and Licensing*, MathWorks, [En línia], Disponible a:  
<https://es.mathworks.com/pricing-licensing.html?prodcode=ML&intendeduse=home>  
Consultat (02/06/2021)
- [26] *OrCad Capture*, EMA Design Automation, [En línia], Disponible a: <https://store.ema-ed.com/pcb-products/orcad-capture/>  
Consultat (02/06/2021)
- [27] *Las emisiones del sistema eléctrico español descienden en 30 millones de toneladas en los últimos 5 años*, Red eléctrica de España, [En línia], Disponible a:  
<https://www.ree.es/es/sala-de-prensa/actualidad/especial/2020/06/las-emisiones-se-reducen-en-30-millones-de-toneladas-en-5-anos>  
Consultat (04/06/2021)